উচ্চ মাধ্যমিক

রসায়ন



প্রশান্তকুমার ভৌমিক
অবিনাশচন্দ্র সরকার
জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ



অভিনব প্রকাশন

Written according to the New Syllabus introduced from 1985-1986 by the West Bengal Council of Higher Secondary Education for H. S. Course.

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

[দ্বিতীয় খণ্ড — দ্বিতীয় পত্র]

8.50

ডঃ প্রশান্তকুমার ভৌমিক, এম্. এস্-সি., পি. এইচ. ডি.
অ্যাসিস্ট্যান্ট প্রফেসর এ. বি. এন. শীল কলেজ, কুচবিহার ; প্রাক্তন অ্যাসিস্ট্যান্ট প্রফেসর প্রেসিডেন্সী কলেজ, কৃষ্ণনগর সরকারী কলেজ, চন্দননগর কলেজ, প্রাক্তন লেকচারার ঝাড়গ্রাম রাজ কলেজ, শান্তিপুর কলেজ ;
'স্নাতক স্তরের ব্যবহারিক রসায়ন', 'মৌলের সন্ধানে', 'কেমিস্ট্রি কুইজ' ইত্যাদি গ্রন্থের প্রণেতা।

ডঃ অবিনাশচন্দ্র সরকার, এম্. এস্-সি., পি. এইচ. ডি.
অধ্যাপক পাঁশকুড়া বনমালী কলেজ, মেদিনীপুর ;
প্রাক্তন শিক্ষক বালুরঘাট গার্লস হাইস্কুল, পশ্চিম দিনাজপুর।

ডঃ জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ, এম্. এস্-সি., পি. এইচ. ডি.
অধ্যক্ষ, শেঠ আনন্দরাম জয়পুরিয়া কলেজ, কলিকাতা।
রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ,
প্রাক্তন অধ্যাপক হাবড়া শ্রীচৈতন্য কলেজ, রানাঘাট কলেজ, টাকী সরকারী কলেজ, চন্দননগর কলেজ, কৃষ্ণনগর কলেজ, দুর্গাপুর সরকারী কলেজ ; 'স্নাতক স্তরের ব্যবহারিক রসায়ন' গ্রন্থের প্রণেতা।

সংশোধিত চতুর্থ সংস্করণ ১৯৮৯

অভিনব প্রকাশন
৩০/এ, সীতারাম ঘোষ স্ট্রীট, কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রকাশক
সরস্বতী সাউ, বি. এস্‌-সি.
৩০এ সীতারাম ঘোষ স্ট্রীট
কলিকাতা-৭০০ ০০৯

প্রথম সংস্করণ ঃ আগস্ট, ১৯৮৬
পরিমার্জিত দ্বিতীয় সংস্করণ ঃ জুলাই, ১৯৮৭
সংশোধিত তৃতীয় সংস্করণ ঃ জুন, ১৯৮৮
সংশোধিত চতুর্থ সংস্করণ ঃ জুলাই, ১৯৮৯

প্রচ্ছদ ঃ অমল দাশগুপ্ত

মূল্য ঃ আটষট্টি টাকা মাত্র

মুদ্রক
বংশীধর সিংহ
বাণী মুদ্রণ
১২ নরেন্দ্র সেন স্কোয়ার
কলিকাতা-৭০০ ০০৯

প্রথম সংস্করণের ভূমিকা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা-সংসদ প্রবর্তিত নতুন পাঠ্যসূচী অনুযায়ী 'উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন' (দ্বিতীয় খণ্ড) প্রকাশিত হল। বর্তমানে রসায়নের পঠন-পাঠনে যে সুনির্দিষ্ট পরিবর্তনের ধারা স্পষ্ট তার সঙ্গে সঙ্গীত রেখে পুস্তকটির রূপরেখা রচিত হয়েছে। এই পুস্তকে কোন বিষয়ের আলোচনা সাধারণ স্তর থেকে উচ্চতর স্তরে এমনভাবে নিয়ে যাওয়ার চেষ্টা করা হয়েছে যাতে যে কোন ছাত্র-ছাত্রী বিষয়বস্তু সঠিকভাবে আয়ত্ত করতে পারে। উচ্চ মাধ্যমিক স্তরের উদ্দেশ্যের কথা স্মরণ রেখে এই পুস্তকে আমরা একদিকে যেমন প্রাথমিক ধারণাকে সম্প্রসারিত করেছি অপরদিকে তেমনি উচ্চতর পর্যায়ের প্রশস্ত পথে যাত্রার পথ সুগম করার চেষ্টা করেছি। ছাত্র-ছাত্রীদের মানসিক বিকাশ যাতে আধুনিক রসায়নের গতিপ্রকৃতির ধারা অনুযায়ী ঘটে সেদিকে বিশেষ দৃষ্টি দেওয়া হয়েছে।

এই পর্যায়ে প্রচলিত বিভিন্ন পাঠক্রমের সঙ্গে সঙ্গতি রেখে কোন কোন আলোচনা একটু বিস্তৃততর করা হয়েছে যাতে এই পুস্তকের আগ্রহী পাঠক-পাঠিকার সমমানের কোন পরীক্ষায় বসতে বা ভবিষ্যতের নির্বাচনী পরীক্ষাগুলিতে কোন অসুবিধা না হয়। অন্যান্য বিষয়ের মধ্যে এ প্রসঙ্গে সাধারণ রসায়ন পর্যায়ের ইলেকট্রন আসক্তি ও আয়নীকরণ বিভব এবং জৈব রসায়ন পর্যায়ের কার্বনের ইলেকট্রনীয় গঠন ও বন্ধনী সংক্রান্ত আধুনিক ধারণা ও জৈব যৌগের নামকরণ সংক্রান্ত আলোচনা উল্লেখযোগ্য।

আমরা সবসময়েই নজর রেখেছি যে, সরলীকরণের নামে ছাত্র-ছাত্রীদের মনে যেন ভ্রান্ত ধারণার সৃষ্টি না হয় যা পরবর্তী পর্যায়ে ছাত্র-ছাত্রীদের কাছে বাধাস্বরূপ হয়ে দাঁড়ায়। এই প্রসঙ্গে দু'-একটি কথা উল্লেখ করা হল। যেমন, যে বিক্রিয়াগুলি জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা ঘটে না বলে প্রমাণিত সরলীকরণের স্বার্থে সেইসব বিক্রিয়া জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে দেখানো আমরা পরিহার করার চেষ্টা করেছি। জৈব যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রেও আমরা এমন ধারা অনুসরণ করেছি যাতে পরবর্তী পর্যায়ে ইংরেজীতে নামকরণের সময় এই পর্যায়ে শেখা নামকরণের সংঘাত সৃষ্টি না হয়। সমগ্র পুস্তকটিতে IUPAC নির্দেশিত আধুনিকতম নিয়মাবলী অনুসৃত হয়েছে—পারমাণবিক ওজন, চার্জসহ আয়নের প্রকাশভঙ্গী প্রভৃতি সর্বক্ষেত্রেই এটি প্রযোজ্য।

এই পুস্তক রচনাতে আমরা অনেকের কাছে সহায়তা পেয়েছি। এই প্রসঙ্গে ডঃ ধীরেন্দ্রনাথ চ্যাটার্জী, ডঃ পরিমলকৃষ্ণ সেন, ডঃ অনিলকুমার কুণ্ডু, ডঃ অমিত বসাক (প্রেসিডেন্সী কলেজ), অধ্যক্ষ ডঃ চুনীলাল কীর্তনিয়া, অধ্যাপক কেদারনাথ চ্যাটার্জী, অধ্যাপক অনাদি মজুমদার, শ্রীসুকুমার মুখার্জী (ভাত-জাংলা উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়), শ্রীশংকর ভট্টাচার্য (বৈদ্যপুর রামকৃষ্ণ বিদ্যাপীঠ), শ্রীরবীন্দ্রনাথ চক্রবর্তী, শ্রীবিপদভঞ্জন পাল (এম. এ. এম. সি. বয়েজ হাইস্কুল), শ্রীমোহন বাছাড় (বসিরহাট টাউন স্কুল) ও শ্রীপ্রাংশু মৈত্রের নাম উল্লেখযোগ্য।

এই পুস্তক প্রকাশনায় শ্রীবংশীধর সিংহের অক্লান্ত উদ্যোগ সত্যিই প্রশংসনীয়। বিশেষ-ভাবে উল্লেখযোগ্য হল বইটিকে সুন্দর ও নিখুঁত করার জন্য তাঁর আন্তরিক প্রয়াস। প্রুফ-রীডিং বিভাগের বন্ধুরা, প্রেসের কর্মীরা এবং প্রকাশনা বিভাগের অন্যান্য কর্মী হাসিমুখে যে অক্লান্ত পরিশ্রম করেছেন তার ফলেই এত অল্প সময়ের মধ্যে পুস্তকটির প্রকাশ সম্ভব হয়েছে। তাঁদের জানাই আমাদের আন্তরিক ধন্যবাদ।

এই পুস্তকটির উন্নতিকল্পে সহৃদয় শিক্ষক-শিক্ষিকা, অধ্যাপক-অধ্যাপিকা ও সংশ্লিষ্ট সকলের সমালোচনা ও মতামত ধন্যবাদের সঙ্গে গৃহীত হবে।

কলকাতা
১লা আগস্ট, ১৯৮৬

● প্রশান্তকুমার ভৌমিক ● অবিনাশচন্দ্র সরকার
● জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ

চতুর্থ সংস্করণের ভূমিকা

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন (দ্বিতীয় খন্ড)-এর সংশোধিত চতুর্থ সংস্করণটি প্রকাশিত হল। তৃতীয় সংস্করণটি যে শ্রদ্ধাভাজন শিক্ষক-শিক্ষিকাগণের দৃষ্টি আকর্ষণ করতে সমর্থ হয়েছে এবং ছাত্র-ছাত্রীদের রসায়নের বিশাল বিচিত্র জগতে প্রবেশের সহায়ক হয়েছে তাতে আমরা বিশেষ আনন্দিত।

চতুর্থ সংস্করণটি ছাত্র-ছাত্রীদের আরও সহায়ক করে তুলতে আমরা প্রয়াসী হয়েছি। উচ্চ মাধ্যমিক এবং সমমানের বিভিন্ন পরীক্ষার প্রশ্নপত্রের গতিপ্রকৃতির উপর সবিশেষ দৃষ্টি রেখে পুস্তকটির পরিমার্জনা করা হয়েছে।

এই পুস্তকের উন্নতিকল্পে অনেক সহৃদয় শিক্ষক-শিক্ষিকা মূল্যবান পরামর্শ ও অভিমত দিয়ে আমাদের বিশেষ কৃতজ্ঞতাভাজন হয়েছেন। আশা রাখি ভবিষ্যতেও এই পরামর্শ ও অভিমত লাভ থেকে আমরা বঞ্চিত হব না।

কলকাতা
জুলাই, ১৯৮৯

● প্রশান্তকুমার ভৌমিক ● অবিনাশচন্দ্র সরকার
● জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ

SYLLABUS IN CHEMISTRY

Paper—II (Marks—80)

GROUP—A

[General and Physical Chemistry (Marks : 20)]

I Natural Radioactivity—Alpha, Beta and Gamma rays.

Concept of the nuclear atom—Electron, proton, neutron.

Extra-nuclear structure. Descriptive approach of the Rutherford—Bohr model.

Distribution of electrons in shells and sub-shells (s, p, d only) [Pauli's exclusion principle excluded]

Atomic number (Definition only with examples).

II Mendeleeff's Periodic Law. Periodicity of properties of elements. Significance of groups and sub-groups. Defects in Mendeleeff's Periodic Table. Description of the Periodic Table on the basis of electronic arrangement. Electro-negativity (Qualitative concept only with examples) ; its variation along periods, groups, sub-groups in the periodic table.

III Chemical bond—electrovalent, covalent and co-ordinate bonds. Simple properties of electrovalent, and covalent compounds with special reference to the compounds mentioned in Paper I (B). Polarity of bonds. Hydrogen bond (elementary idea).

IV Oxidation and Reduction –oxidation number concept and electronic concept. Balancing redox reactions by oxidation number method. Electro-potential series of metals and its applications.

GROUP—B

[Inorganic Chemistry (Marks : 20)]

I Ores and Minerals, Fluxes, Slags and Gangues. General principles of metallurgy including Carbon reduction, Self-reduction, Electrolytic reduction and Electro-refining. Extraction of the following metals (omitting details) :

Na, Ca, Cu, Zn, Al, Fe

Steel—Manufacture (Bassemer and Open-hearth process only).

Alloys and Amalgams..

II Properties (both physical and chemical) and uses of the above metals. Chemistry of their oxides, hydroxides, chlorides, nitrates, sulphates and carbonates (preparation, properties and uses).

III Large scale production and uses of Caustic soda, Sodium carbonate and bicarbonate, Quick-lime and Slaked lime, Bleaching powder, Plaster of Paris, Common Alum.

GROUP—C

[Organic Chemistry (Marks : 40)]

I Tetrahedral space model of Carbon. Chain and Ring structures. Saturated and unsaturated compounds. Aliphatic and Aromatic compounds.

II Radicals and functional groups. Homologous series up to C_4. Classification and nomenclature (old and modern) of open chain compounds up to C_4 chain. Structural isomerism.

III Chemistry of aliphatic compounds (in each case general methods of preparation and general properties with reactions should be illustrated using the following typical examples).

(a) Saturated hydrocarbons : Methane and Ethane.

(b) Unsaturated hydrocarbons : Ethylene and Acetylene.
(Planarity of ethylene and linearity of acetylene to be discussed).

(c) Halogen derivatives : Chloroform, Iodoform.

(d) Alcohol : Methyl alcohol and Ethyl alcohol. Fermentation.

(e) Ether : Diethyl ether.

(f) Aldehydes and Ketones : Formaldehyde, Acetaldehyde, Acetone.

(g) Acids : Formic, Acetic and Oxalic acids.

(h) Acid derivatives : Acetyl chloride, Acetamide, Acetic Anhydride.

(i) Esters : Ethyl acetate and ethyl hydrogen sulphate.

IV Chemistry of aromatic compounds :

(a) Coal tar distillation and isolation of Benzene, Toluene and Phenol.

(b) Benzene and its following reactions—chlorination, nitration, sulphonation, Friedel-Craft's reaction.

(c) Toluene—its chlorination (hydrolysis of chlorinated products included) and its side chain oxidation. Mention of ortho, meta and para positions.

(d) Nitrobenzene, Aniline and their reactions including diazo reactions.

(e) Phenol—reactions and uses.

• পুস্তকটির বৈশিষ্ট্য •

* যথাসম্ভব সহজ বাংলা ভাষায় বিষয়গুলির প্রাঞ্জল উপস্থাপনা। কিন্তু এজন্য রসায়নের প্রকৃত তথ্য ও তত্ত্বকে বিকৃত করা হয় নি।

* সর্বাধুনিক ও নির্ভুল তথ্য সম্বলিত। পুরানো এবং অধুনা বর্জিত পদ্ধতির যথাসম্ভব পরিহার।

* উচ্চ মাধ্যমিক স্তরের জ্ঞানের পরিধির কথা মনে রেখেই বিভিন্ন তথ্য ও তত্ত্বের উপস্থাপনা। খাপছাড়াভাবে উচ্চতর ধারণা এমনভাবে আনা হয় নি যাতে ভুল ধারণার সৃষ্টি হয় এবং সমগ্র বিষয়টি শিক্ষার্থীর কাছে গুলিয়ে যায়।

* প্রতিটি অধ্যায়ের ভূমিকা হিসাবে ঐতিহাসিক পটভূমি ও গোড়ার কথা সম্বলিত।

* প্রচুর সংখ্যক ছবি ও ছকের সাহায্যে বিষয়গুলির আলোচনা।

** প্রতিটি অধ্যায়ের অন্তর্গত ছোট প্রশ্নগুলি বইটির একটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য। প্রতিটি অংশ আলোচনার পর এই প্রশ্নগুলি এমনভাবে সন্নিবেশিত হয়েছে যে এইগুলির উত্তরের মাধ্যমে ধারণা পরিষ্কার হবে এবং পুনরনুশীলনের কাজ হবে। এতে শিক্ষার্থীর গঠনমূলক মূল্যায়নও *(formative evaluation)* হবে। এই প্রশ্নগুলির উত্তরও বইয়ের শেষে দেওয়া হয়েছে।

* প্রচুর সংখ্যক গাণিতিক উদাহরণ। অনুশীলনীতেও প্রচুর সংখ্যক গাণিতিক প্রশ্ন।

* বিষয়বস্তু সকলস্তরের ছাত্র-ছাত্রীর উপযোগী। যারা যুক্ত প্রবেশিকা *(Joint Entrance) I.I.T. Admission Test* বা বিভিন্ন প্রতিযোগিতামূলক প্রবেশিকা পরীক্ষায় বসতে আগ্রহী তাদের বিশেষ সহায়ক।

* অনুশীলনীতে বিভিন্ন ধরনের অসংখ্য প্রশ্ন দেওয়া হয়েছে। দুরূহ প্রশ্নের উত্তর-আভাষও দেওয়া হয়েছে।

* বিষয়বস্তুর উপস্থাপনা, ছোট প্রশ্নের সংযোজন, বিভিন্ন ধরনের প্রশ্ন ও সমাধান এমনভাবে করা হয়েছে যা ছাত্র-ছাত্রীদের শুধু অধীত প্রশ্নের উত্তরদানেই সক্ষম করে না, স্বনির্ভর এবং যে কোন প্রশ্ন ও সমস্যার নির্ভুল সমাধানে সমর্থ করে তোলে।

* নতুন আঙ্গিকে জৈব রসায়নের উপস্থাপনা।

* জৈব যৌগের নামকরণ এবং বিভিন্ন জৈব বিক্রিয়া সহজ ও নির্ভুলভাবে শিখবার পদ্ধতি সুন্দরভাবে আলোচিত হয়েছে। প্রায় প্রতিটি জৈব যৌগ নিয়ে সমস্যা ও তার সমাধানের সন্নিবেশ যা জৈব যৌগগুলির প্রকৃতি বোঝার বিশেষ সহায়ক।

* বর্ণানুক্রমিক সূচীর সংযোজন।

** পরিশিষ্টে বিভিন্ন ধরনের প্রশ্ন ও গাণিতিক সমস্যার অবতারণা ও উত্তরদান পুস্তকটির একটি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য। এগুলি উচ্চ মাধ্যমিক, জয়েন্ট এন্ট্রান্স, *I.I.T.* এবং অন্যান্য সমমানের পরীক্ষার প্রশ্নপত্র থেকে এমনভাবে চয়ন করা হয়েছে যাতে এই পরীক্ষাগুলিতে স্বচ্ছন্দে অবতীর্ণ হওয়া যায়।

সূচীপত্র

সাধারণ এবং ভৌত রসায়ন

অজৈব রসায়ন

জৈব রসায়ন

প্রথম পর্ব

সাধারণ রসায়ন
[GENERAL CHEMISTRY]



প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা এবং পরমাণুর গঠন 1

[NATURAL RADIOACTIVITY AND STRUCTURE OF ATOM]

Syllabus : Natural Radioactivity—Alpha, Beta and Gamma rays. Concept of the nuclear atom—Electron, proton and neutron. Extra-nuclear structure. Descriptive approach of the Rutherford—Bohr model. Distribution of electron in shells and subshells (s, p, d only) [Pauli's exclusion principle excluded]. Atomic number (Definition only with examples).

● প্রাকৃতিক বা স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়তা (Natural radioactivity)

1.1 আবিষ্কারের ইতিহাস (History of Discovery)

1895 সালে X-রশ্মি আবিষ্কৃত হয়। তড়িৎ-ক্ষরণ নলে ঠিক যে স্থানটি থেকে X-রশ্মি উদ্ভূত হয়, সেই স্থানটি থেকে এক ধরনের উজ্জ্বল প্রতিপ্রভা (fluorescence) বিচ্ছুরিত হতে দেখা যায়। প্যারিসের বিখ্যাত বিজ্ঞান অ্যাকাডেমিতে (Academy of Science) এ সম্পর্কিত একটি বক্তৃতা শুনে হেনরি বেকারেল (Becquerel) বিষয়টির প্রতি আকৃষ্ট হন—প্রতিপ্রভা এবং X-রশ্মির মধ্যে কোন সম্পর্ক আছে কি না দেখবার জন্য বেকারেল কতকগুলি প্রতিপ্রভ বস্তু নিয়ে পরীক্ষা-নিরীক্ষা চালাতে থাকেন। ইউরেনিয়াম ধাতুর একটি যৌগ—পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেট সেই সময়ে প্রতিপ্রভ বস্তু বলে জানা ছিল। (প্রতিপ্রভ বস্তু আলোকের সামনে ধরবার পর ঐ বস্তু থেকে এক ধরনের আলোকচ্ছটা বিচ্ছুরিত হয়)। হেনরি বেকারেলের কাছে সৌভাগ্যবশত ওঁর পিতা এডমন্ড বেকারেলের কাছ থেকে পাওয়া পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেটের একটা টুকরো ছিল। 1896 সালে বেকারেল লক্ষ্য করেন যে, কালো কাগজে মোড়া ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেটের একটা টুকরো বসিয়ে সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করলে ফটোগ্রাফিক প্লেটের যে স্থানটির উপর ইউরেনিয়াম যৌগটি বসানো থাকে, ঠিক সেই স্থানটি কালো হয়ে যায়। এর থেকে বেকারেল এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, সূর্যালোকে উদ্ভাসিত করলে ইউরেনিয়াম যৌগটি থেকে এক ধরনের অদৃশ্য ভেদকারী রশ্মি (Penetrating rays) নির্গত হয়, কারণ কালো কাগজের মধ্য দিয়ে সাধারণ দৃশ্য আলো যেতে পারে না। বেকারেল যখন এই ধরনের পরীক্ষা চালাচ্ছিলেন, সেই সময়ে কয়েকদিন পর পর মেঘলা আকাশ থাকায় বেকারেলের পরীক্ষায় বাধা সৃষ্টি হয়। বিরক্ত বেকারেল পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেটের টুকরোটি কালো কাগজে মুড়ে ফটোগ্রাফিক প্লেটের উপর চাপা দিয়ে ওঁর ডেস্কের ড্রয়ারে ঢুকিয়ে বন্ধ করে রেখে দেন। কয়েকদিন পরে ড্রয়ার খুলে ফটোগ্রাফিক প্লেটটি বার করে এনে সেটি পরিস্ফুট (Develope) করে বেকারেলের তো চক্ষুস্থির !—ফটোগ্রাফিক প্লেটের যেখানে কালো কাগজে মোড়া পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেটের টুকরোটি বসানো ছিল ঠিক সেখানেই কালো হয়ে গেছে। তাহলে, এ ঘটনাটি তো প্রতিপ্রভার ঘটনা নয়—কারণ তা যদি হত তবে তো ইউরেনিয়াম যৌগটিকে প্রথমে সূর্যরশ্মি বা ক্যাথোড রশ্মি বা এই ধরনের আলো দ্বারা উত্তেজিত (excited) হবার প্রয়োজন ছিল। তাছাড়া প্রতিপ্রভ বস্তুর উপর থেকে উত্তেজক আলোর উৎস সরিয়ে নিলে প্রতিপ্রভা বিকিরণ তো বন্ধ হয়ে যায়। কাজেই, ঘটনাটি লক্ষ্য করে এবং পরে আরও কিছু পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে বেকারেল এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেট থেকে **স্বতঃস্ফূর্তভাবেই** এমন এক ধরনের ভেদকারী রশ্মি নির্গত হয় যা পাতলা ধাতবপাত ভেদ করে যেতে পারে, ধাতবপাত ভেদ করেও কালো কাগজে আবৃত ফটোগ্রাফিক প্লেটকে কালো করে দিতে পারে, যে গ্যাসের মধ্য দিয়ে যায় তাকে আয়নিত করে এবং X-রশ্মির বিভিন্ন ধর্ম এই

রশ্মিতেও বর্তমান—এই ধরনের ভেদকারী রশ্মি নির্গমন কোন অবস্থাতেই বন্ধ হয় না, অবিরাম চলতে থাকে। স্বতঃস্ফূর্তভাবে এই ধরনের ভেদকারী রশ্মি নির্গমনের ঘটনাকে বলা হয় **রেডিও-অ্যাকটিভিটি (Radioactivity) বা তেজস্ক্রিয়তা**। রেডিওঅ্যাকটিভিটি নামটি দেন বিজ্ঞানী মাদাম কুরী (Madam Curie)।

1.2 তেজস্ক্রিয়তা এবং তেজস্ক্রিয় মৌল (Radioactivity and Radioactive elements)

তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা এইভাবে দেওয়া যেতে পারে ঃ "যে ধর্মের প্রভাবে উচ্চ পারমাণবিক ভর-বিশিষ্ট (সাধারণত) কোন মৌল সর্ব অবস্থায় (মৌল বা যৌগ যে অবস্থাতেই হোক না কেন) স্বতঃস্ফূর্তভাবে অদৃশ্য তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত করে, যে রশ্মি পাতলা ধাতব পাত ভেদ করে যেতে পারে, কালো কাগজে আবৃত ফটোগ্রাফিক প্লেটকে আক্রান্ত করতে পারে (কালো করে দেয়), কোন গ্যাসের মধ্য দিয়ে গেলে গ্যাসটিকে আয়নিত করতে পারে, যে রশ্মির মধ্যে X-রশ্মির বিভিন্ন ধর্ম বর্তমান এবং যে রশ্মি নির্গমনের হার কেবলমাত্র নির্দিষ্ট মৌল এবং এর পরিমাণের উপর নির্ভরশীল, কিন্তু চাপ, তাপমাত্রা, আলোক, অনুঘটক ইত্যাদির উপর নির্ভরশীল নয় এবং যে রশ্মি নির্গমনের ফলে মৌলটি শেষ পর্যন্ত নিম্নতর পারমাণবিক ভরের একটি স্থায়ী মৌলে পরিবর্তিত হয় সেই ধর্মকে তেজস্ক্রিয়তা এবং যে মৌলে এই ধর্ম বিদ্যমান, তাকে তেজস্ক্রিয় মৌল বলে।" প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এমন তেজস্ক্রিয় মৌলকে **প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌল (Natural radioelement)** এবং তেজস্ক্রিয় মৌলের স্বাভাবিক স্বতঃস্ফূর্ত (অর্থাৎ কৃত্রিম উপায়ে সঞ্চারিত নয় এমন) তেজস্ক্রিয়তাকে **প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা** (Natural radioactivity) বলা হয়।

[অনেক সুস্থিত অ-তেজস্ক্রিয় মৌলে কৃত্রিম উপায়ে তেজস্ক্রিয়তা সঞ্চরণ (induce) করা যায়—এই ধরনের তেজস্ক্রিয়তাকে **কৃত্রিম বা সঞ্চারিত তেজস্ক্রিয়তা** (Artificial or induced radioactivity) বলে (এ সম্পর্কে সামান্য বিস্তৃততর আলোচনা পরে করা হল)]।

● প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহ (Natural radioelements)

বেকারেল আবিষ্কার করেন যে, তেজস্ক্রিয়তা ইউরেনিয়াম পরমাণুর ধর্ম, কারণ বিভিন্ন ইউরেনিয়াম যৌগ এবং ধাতব ইউরেনিয়াম তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকিরণ করে এবং এই রশ্মি নির্গমনের হার নির্ভর করে নমুনায় ইউরেনিয়ামের পরিমাণের উপর। পরবর্তী কালে অবশ্য আবিষ্কৃত হয়েছে যে, ইউরেনিয়াম ছাড়া আরও কয়েকটি মৌলে তেজস্ক্রিয়তা ধর্ম বিদ্যমান।



চিত্র 1.1 ঃ মাদাম কুরী (1867—1934)।

1898 সালে মাদাম কুরী এবং তাঁর স্বামী পিয়ের কুরী (Pierre Curie) ইউরেনিয়ামের একটি খনিজ পিচব্লেন্ড (Pitchblende) নিয়ে গবেষণা করতে গিয়ে লক্ষ্য করেন যে, এই যৌগের মধ্যে যে পরিমাণ ইউরেনিয়াম বর্তমান তার জন্য যতখানি তেজস্ক্রিয়তা যৌগটিতে থাকবার কথা, প্রকৃতপক্ষে যৌগটির তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ তা থেকে অনেক বেশী। এ থেকে কুরী দম্পতি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, যৌগটিতে ইউরেনিয়াম ছাড়া আরও এক বা একাধিক এমন তেজস্ক্রিয় মৌল বর্তমান যার (বা যাদের) তেজস্ক্রিয়তা ইউরেনিয়াম থেকেও বেশী। কালক্রমে পিচব্লেন্ড থেকে কুরী দম্পতি ইউরেনিয়াম ছাড়া আরও দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল পৃথক করতে সমর্থ হন—একটির নাম দেওয়া হয়

রেডিয়াম (নামকরণের কারণ মৌলটির অত্যধিক radioactivity বা তেজস্ক্রিয়তা) এবং অপর মৌলটির নামকরণ করা হয় মাদাম কুরীর স্বদেশ পোল্যাণ্ডের নাম অনুসারে পোলোনিয়াম।

[কুরী দম্পতির এ সম্পর্কিত কাজটি বিজ্ঞানের ইতিহাসে প্রবাদস্বরূপ হয়ে রয়েছে। কয়েক টন পিচব্লেণ্ড নিয়ে শুরু করে শেষ পর্যন্ত কুরী দম্পতি 0·1 গ্রাম মত বিশুদ্ধ রেডিয়াম যৌগ পৃথক করতে সমর্থ হন।]

এর পর ক্রমে ক্রমে আরও কয়েকটি তেজস্ক্রিয় মৌল প্রকৃতিতে আবিষ্কৃত হয়—এদের মধ্যে রয়েছে থোরিয়াম, অ্যাকটিনিয়াম ইত্যাদি। নিষ্ক্রিয় গ্যাস র‍্যাডনও তেজস্ক্রিয় মৌল। প্রায় 40টি প্রাকৃতিক মৌল তেজস্ক্রিয় এবং এদের তেজস্ক্রিয়তাকেই প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা বলা হয়।

প্রশ্ন : 1.1 প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা কে আবিষ্কার করেন? তেজস্ক্রিয়তা নামকরণ কে করেন?

1.2 'তেজস্ক্রিয়তা' কথাটির আগে 'প্রাকৃতিক' কথাটি যুক্ত করার কোন হেতু আছে কি?

1.3 প্রতিপ্রভ পদার্থ এবং তেজস্ক্রিয় পদার্থের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?

1.4 যে যৌগটি নিয়ে কাজ করতে গিয়ে বেকারেল তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার করেন তার নাম কি?

1.5 কুরী দম্পতি পিচব্লেণ্ড থেকে ইউরেনিয়াম ব্যতীত আরও যে দুটি তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কার করেন তাদের নাম কর।

1.6 সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে ইউরেনিয়াম যৌগের কালো কাগজে মোড়া ফটোগ্রাফিক প্লেটকে ক্ষতিগ্রস্ত করার ক্ষমতা দেখে বেকারেল বিস্মিত হলেন কেন?

1.7 নির্দিষ্ট পরিমাণ পিচব্লেণ্ডে যে পরিমাণ ইউরেনিয়াম বর্তমান তার জন্য পিচব্লেণ্ডে যে পরিমাণ তেজস্ক্রিয়তা থাকার কথা পিচব্লেণ্ডের তেজস্ক্রিয়তা সে তুলনায় অনেক বেশী—এ থেকে কুরী দম্পতি কি সিদ্ধান্তে এলেন?

1.8 নীচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা?

(i) তেজস্ক্রিয় পদার্থকে উত্তপ্ত করলে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমন বন্ধ হয়ে যায়।

(ii) তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ফলে তেজস্ক্রিয় মৌল অন্য মৌলে রূপান্তরিত হয়ে যায়।

(iii) তেজস্ক্রিয়তা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা।

(iv) কোন তেজস্ক্রিয় মৌলকে যৌগে পরিণত করলে মৌলটির তেজস্ক্রিয়তা বন্ধ হয়ে যায়।

(v) তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত করে তেজস্ক্রিয় মৌল শেষ পর্যন্ত অ-তেজস্ক্রিয় মৌলে রূপান্তরিত হয়।

1.9 জিংক ইউরেনিল অ্যাসিটেট ও পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেট দুটিই তেজস্ক্রিয় পদার্থ, কিন্তু জিংক অ্যাসিটেট বা পটাসিয়াম সালফেট কোনটিই তেজস্ক্রিয় নয়। এর থেকে কি সিদ্ধান্ত করা যায়?

1.10 পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেট অন্ধকারেও ফটোগ্রাফিক প্লেটকে কালো করতে পারে কেন?

1.3 তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রকৃতি (Types of radioactive rays)

তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নির্গত তেজস্ক্রিয় রশ্মিকে তেজস্ক্রিয়তার আবিষ্কারকের নাম অনুসারে বেকারেল রশ্মি (Becquerel rays)-ও বলা হয়ে থাকে। এই রশ্মিকে বৈদ্যুতিক এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে রাদারফোর্ড, কুরী দম্পতি এবং ভিলার্ড* (Villard) দেখান যে, এই রশ্মি আসলে তিন ধরনের রশ্মি-সমবায়ে গঠিত।

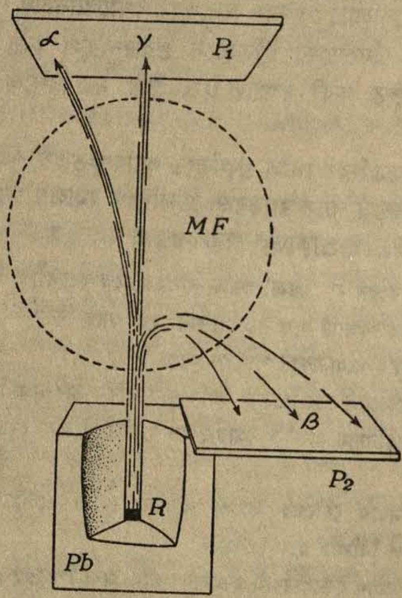
এ সম্পর্কিত তাঁদের পরীক্ষাটি এখানে সংক্ষেপে বর্ণনা করা হল:

একটি পুরু লেড ব্লকের (Pb) মাঝখানে গভীর ছোট্ট গর্তে সামান্য তেজস্ক্রিয় পদার্থ [R] (যেমন রেডিয়াম বা পোলোনিয়াম ইত্যাদি) নেওয়া হল। লেড ব্লক থেকে বেরিয়ে আসা সামান্য তেজস্ক্রিয় রশ্মিগুচ্ছকে একটি তাড়িত-চৌম্বক ক্ষেত্রের (Electro-magnetic field—MF) মধ্য দিয়ে অতিক্রম

---

* এখানে উল্লেখ্য যে, অনেক সময় এই পরীক্ষাটি কেবল রাদারফোর্ডেরই বলে উল্লেখ করা হয়, এটি ঠিক নয়। মাদাম কুরীর ডক্টরেট সম্পর্কিত গবেষণাপত্রে (1903 সালে) এই পরীক্ষাটি বিস্তৃতভাবে বর্ণিত হয়েছে।

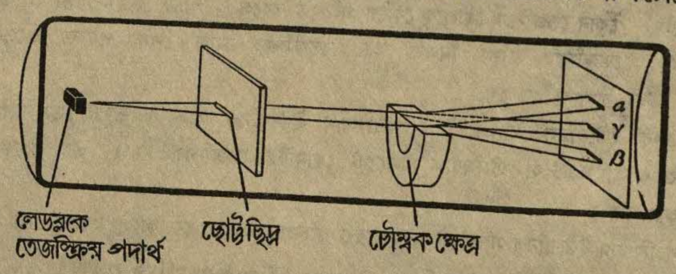
করানো হল (চিত্র 1.2)। চুম্বকটির মেরু দুটি তেজস্ক্রিয় রশ্মির পথের সঙ্গে সমকোণে অবস্থান করে—অর্থাৎ মেরু দুটির তল কাগজের তলের সঙ্গে লম্ব ভাবে থাকে এবং চুম্বকটির একটি মেরু কাগজের তলের উপরে এবং অপর মেরুটি ঐ তলের নীচে থাকে।



R= তেজস্ক্রিয় পদার্থ; Pb= লেড ব্লক;
P_1,P_2= ফটোগ্রাফিক প্লেট; MF= চৌম্বক ক্ষেত্র

চিত্র 1.2 : তেজস্ক্রিয় রশ্মি যে তিন প্রকার রশ্মি-সমন্বয়ে গঠিত সে সম্পর্কিত পরীক্ষা।

শক্তিশালী তাড়িত-চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় তেজস্ক্রিয় রশ্মি তিন ধরনের রশ্মিতে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়—সম্পূর্ণ রশ্মির একটি অংশ চুম্বকের অপরা মেরুর দিকে সামান্য বেঁকে গিয়ে অগ্রসর হয়। যেদিকে বেঁকে যায় তা থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, রশ্মির এই অংশ পরা চার্জবাহী—এদের বলে **আলফা-রশ্মি** (α-rays)। সম্পূর্ণ রশ্মির আর একটি অংশ চুম্বকের পরা মেরুর দিকে (অর্থাৎ α-রশ্মির বিপরীত দিকে) অনেকখানি বেঁকে যায়, এই অংশ অপরা চার্জ-বাহী—এদের বলে **বিটা-রশ্মি** (β-rays)। সম্পূর্ণ রশ্মির তৃতীয় অংশ কোনদিকে না বেঁকে সোজা চলে যায়—এই অংশ তাহলে চার্জবিহীন, এদের বলে **গামা-রশ্মি** (γ-rays)। রশ্মিগুলির গতিপথের দিকটি বোঝা যায় আলোক চিত্রফলক বা ফটোগ্রাফিক প্লেটের



চিত্র 1.2a : তেজস্ক্রিয় রশ্মি যে তিন প্রকার রশ্মি-সমন্বয়ে গঠিত সে সম্পর্কিত পরীক্ষাটিরই অন্যতর চিত্র।

(P_1,P_2) সাহায্যে—বিভিন্ন অবস্থানে এই ফটোগ্রাফিক প্লেটগুলি স্থাপন করে পরে এদের পরিস্ফুট (Develop) করলে রশ্মিগুলির গতিপথের হদিশ মেলে।

প্রশ্ন : 1.11 তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রকৃতি নির্ণায়ক রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় একটি রশ্মি কোন দিকে না বেঁকে সোজা চলে যায়, কিন্তু অপর দুটি রশ্মি পরস্পর বিপরীত দিকে বেঁকে যায়। এর কারণ কি ?

1.12 তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রকৃতি নির্ণায়ক রাদারফোর্ডের পরীক্ষায় একটি রশ্মি সামান্য বেঁকে যায় এবং অপর একটি রশ্মি অনেকখানি বেঁকে যায়।

(i) রশ্মি দুটি কি একই দিকে বেঁকে যায় ? (ii) রশ্মি দুটি কি কি ? (iii) প্রথম রশ্মির সামান্য এবং দ্বিতীয় রশ্মির অনেকখানি বাঁকার কারণ কি ?

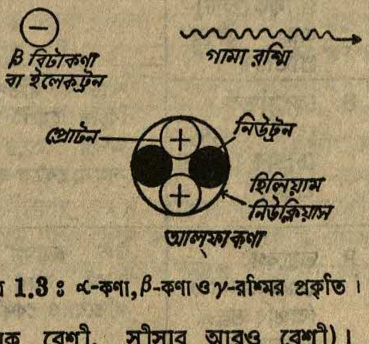
1.13 রাদারফোর্ডের পরীক্ষা থেকে কি কি সিদ্ধান্ত করা যায় ?

α, β এবং γ রশ্মির ধর্মাবলী সম্পর্কে নীচে আলোচনা করা হল :

আলফা রশ্মি (α-rays) : α-রশ্মি কতকগুলি পরা চার্জবাহী কণা সমবায়ে গঠিত, এদের বলে α-কণা। প্রতিটি কণার ভর প্রোটনের ভরের প্রায় 4 গুণ এবং চার্জের মাত্রা 2 একক। অর্থাৎ, প্রতিটি α-কণা দুই একক পরা চার্জবাহী হিলিয়াম আয়ন (He^{2+})। (একটি α-কণা দুটি প্রোটন এবং দুটি নিউট্রন সমন্বয়ে গঠিত) (চিত্র 1.3)। তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত হওয়ার সময় α-কণার প্রারম্ভিক গতিবেগ থাকে আলোর গতিবেগের প্রায় এক-দশমাংশ ($1{\cdot}5-2\times10^{9}$ সে.মি/সেকেন্ড)। α-কণার ভর এবং গতিবেগ উচ্চ হওয়ায় এর ভরবেগ (momentum)-ও উচ্চ। α-কণা খুব পাতলা কাগজ বা ধাতব পাত ভেদ করে যেতে পারে, কিন্তু 0·1 মি. মি. পুরু অ্যালুমিনিয়াম পাত দ্বারা একে থামানো সম্ভবপর। কোন গ্যাসের মধ্য দিয়ে যাবার সময় ঐ গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা α-কণাগুলির খুবই বেশী। তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে বেরিয়ে বায়ুতে যে দূরত্ব অতিক্রম করার পর α-কণার আয়নিতকরণ ক্ষমতা লোপ পায়, সেই দূরত্বকে ঐ কণার পাল্লা বা range বলে। যে মৌল থেকে কণা নির্গত হয়—সেটির উপর এই পাল্লা নির্ভর করে। 15° সে. উষ্ণতায় এবং 1 বায়ুমণ্ডল চাপে এই পাল্লা 2·8 থেকে 8·6 সেমি. পর্যন্ত হতে পারে। মৌল থেকে নির্গত হবার পর α-কণা শেষ পর্যন্ত পারিপার্শ্বিক পরিবেশ থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হিলিয়াম পরমাণুতে পরিণত হয় ($He^{2+}+2e=He$)। জিংক সালফাইড (ZnS)-এর পর্দায় α-কণা আঘাত করলে উজ্জ্বল আলোর ঝল্‌কানি লক্ষ্য করা যায়।

● **বিটা রশ্মি** (β-rays) : বিটা-রশ্মি কতকগুলি অপরা চার্জবাহী কণা সমবায়ে গঠিত, এই কণাগুলিকে বলা হয় β-কণা। প্রতিটি কণার ভর প্রোটনের ভরের $\frac{1}{1836}$ ভাগের সমান এবং প্রতিটি কণা এক একক অপরা চার্জবাহী। অর্থাৎ, β-কণার ভর এবং চার্জ ইলেকট্রনের ন্যায়, কিন্তু সাধারণ ইলেকট্রনের সঙ্গে এর পার্থক্য এই যে, β-কণার গতিবেগ সুউচ্চ। এই গতিবেগ আলোর গতিবেগের 33% থেকে 99% পর্যন্ত হতে পারে। কাজেই বলা যেতে পারে, β-কণা আসলে উচ্চ গতিবেগ-সম্পন্ন ইলেকট্রন। গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা β-কণাগুলিরও আছে, তবে এই ক্ষমতা α-কণাগুলির তুলনায় কম। ভেদন ক্ষমতা কিন্তু β-কণারই বেশী, কারণ এর গতিবেগ α-কণা অপেক্ষা অনেক বেশী। β-কণাকে থামাতে গেলে প্রায় 5 মি. মি. পুরু অ্যালুমিনিয়াম পাতের প্রয়োজন। (সাধারণ ইলেকট্রন এবং β-কণার মধ্যে আর একটি পার্থক্য উল্লেখ করা যেতে পারে। সেটি হল—সাধারণ ইলেকট্রন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের বাইরের অংশ থেকে নির্গত হয় এবং এর ফলে পরমাণুটি অন্য কোন নতুন পরমাণুতে পরিবর্তিত হয় না। কিন্তু β-কণা নির্গত হয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে এবং এর ফলে পরমাণুটি অন্য নতুন পরমাণুতে পরিণত হয়।)

● **গামা রশ্মি** (γ-rays) : গামা রশ্মি কোন কণা সমবায়ে গঠিত নয় এবং এই রশ্মি ভর এবং চার্জ-বিহীন। এরা আসলে খুবই ক্ষুদ্র তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তাড়িত-চৌম্বকধর্মী আলোক-সদৃশ তরঙ্গের সমষ্টি। X-রশ্মি এবং γ-রশ্মির মধ্যে বিশেষ কোন পার্থক্য নেই, কেবল γ-রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য X-রশ্মি অপেক্ষাও কম (এদের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 10^{-9} সে. মি. থেকে 10^{-12} সে. মি. এবং 10^{-6} সেমি. থেকে 10^{-10} সেমি.; সর্বপ্রকার তাড়িত-চৌম্বক রশ্মির গতিবেগ $2{\cdot}998\times10^{10}$ সেমি./সেকেন্ড)। গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা γ-রশ্মির খুবই কম, কিন্তু চার্জবিহীন, সুউচ্চ গতিবেগ (আলোকের গতিবেগের সমান) এবং প্রচণ্ড শক্তিসম্পন্ন হওয়ায় γ-রশ্মির বস্তুকে ভেদ করে যাবার ক্ষমতা অত্যন্ত বেশী। γ-রশ্মি 25 সেমি. পুরু লোহার পাত বা 5 সেমি. পুরু সীসার পাতও ভেদ করে যেতে পারে (অ্যালুমিনিয়াম অপেক্ষা লোহার পাতের ভেদকারী রশ্মি থামাবার ক্ষমতা কিন্তু অনেক বেশী, সীসার আরও বেশী)।



চিত্র 1.3 : α-কণা, β-কণা ও γ-রশ্মির প্রকৃতি।

তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে প্রথমে ∝-কণা বা β-কণা বেরিয়ে আসে, γ-রশ্মি কিন্তু প্রথমেই নির্গত হয় না। ∝-কণা বা β-কণা বেরিয়ে আসার পর পরমাণুর নিউক্লিয়াস সুস্থিত হবার জন্য কিছুটা শক্তি γ-রশ্মি রূপে নির্গত করে (∝-কণা বা β-কণা বেরিয়ে আসার ফলে নিউক্লিয়াসে খানিকটা দুঃস্থিতি দেখা যায়)। তিন প্রকার রশ্মিই ফটোগ্রাফিক প্লেটকে ক্ষতিগ্রস্ত করতে পারে। ভেদন ক্ষমতা γ-রশ্মির β-রশ্মি অপেক্ষা 10 থেকে 100 গুণ বেশী, β-রশ্মির ∝-রশ্মি অপেক্ষা 10 থেকে 100 গুণ বেশী। কিন্তু আয়নিত করার ক্ষমতা ∝-রশ্মির β-রশ্মি অপেক্ষা 100 গুণ বেশী, β-রশ্মির γ-রশ্মি অপেক্ষা 100 গুণ বেশী।

∝-রশ্মি, β-রশ্মি, γ-রশ্মির কয়েকটি ধর্ম নীচের সারণীতে দেখানো হল :

ধর্ম	∝-রশ্মি	β-রশ্মি	γ-রশ্মি
1. প্রকৃতি	∝-রশ্মি ∝-কণা সমবায়ে গঠিত। ∝-কণা হল হিলিয়াম নিউক্লিয়াস : He^{2+}	β-রশ্মি অসংখ্য β-কণা সমবায়ে গঠিত, β-কণা উচ্চ গতিবেগ সম্পন্ন ইলেকট্রন।	তাড়িত-চৌম্বক রশ্মি, X-রশ্মির ন্যায় ধর্ম-বিশিষ্ট তবে শক্তি তুলনামূলক ভাবে উচ্চতর।
2. ভর	প্রতিটি ∝-কণার ভর $6{\cdot}642\times10^{-24}$ গ্রাম, (4·0015 পা.ভ.এ.)।	প্রতিটি β-কণার ভর $9{\cdot}108\times10^{-28}$ গ্রাম (0·000548 পা·ভ·এ)।	ভরবিহীন।
3. আধান (চার্জ)	+2	−1	0 (চার্জবিহীন)।
4. গতিবেগ (প্রারম্ভিক)।	প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 10 হাজার মাইল থেকে 20 হাজার মাইল।	প্রতি সেকেন্ডে প্রায় এক লক্ষ মাইল।	প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 1,86,000 মাইল (আলোর গতিবেগের সমান)।
5. ভেদন-ক্ষমতা (সর্বোচ্চ)।	0·002 সে.মি. পুরু অ্যালুমিনিয়াম পাত।	0·2 সে.মি. পুরু অ্যালুমিনিয়াম পাত, ভেদন ক্ষমতা ∝-কণা অপেক্ষা 100 গুণ বেশী।	5 সেমি. পুরু সীসার পাত ভেদ করে যেতেও সমর্থ—তিন প্রকার রশ্মির মধ্যে ভেদন-ক্ষমতা সর্বোচ্চ।
6. গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা।	খুবই বেশী, ∝-রশ্মির এই ক্ষমতা β-রশ্মির তুলনায় 10 থেকে 100 গুণ বেশী।	∝-রশ্মির তুলনায় কম, কিন্তু γ-রশ্মির তুলনায় প্রায় 100 গুণ বেশী।	খুবই কম।
7. আলোক চিত্র-ফলক (ফটো-গ্রাফিক প্লেট)-এর উপর প্রতিক্রিয়া।	চিত্রফলককে ক্ষতিগ্রস্ত করে।	চিত্রফলককে ক্ষতিগ্রস্ত করে।	চিত্রফলককে ক্ষতি-গ্রস্ত করে।
8. বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব।	স্বাভাবিক গতিপথ থেকে বিচ্যুত হয়। চুম্বকের অপরা মেরুর দিকে সামান্য বেঁকে যায়।	স্বাভাবিক গতিপথ থেকে বিচ্যুত হয়, চুম্বকের পরা মেরুর দিকে বেশ খানিকটা বেঁকে যায়।	স্বাভাবিক গতিপথ থেকে বিচ্যুত হয় না।
9. ভরবেগ (momentum) (অর্থাৎ ভর× গতিবেগ)।	উচ্চ ভরবেগ সম্পন্ন কারণ ভরও বেশী, গতিবেগও বেশী।	কম ভরবেগ সম্পন্ন, কারণ গতিবেগ বেশী হলেও ভর খুবই কম।	শূন্য, কারণ ভর-বিহীন।

● এখানে কয়েকটি বিষয় উল্লেখ্য :

(i) যে কোন প্রাকৃতিক বা স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হয় একটি α-কণা নতুবা একটি β-কণা নির্গত করে। একই মৌল α এবং β উভয় প্রকার কণাই নির্গত করে না। কোন্ মৌল α-কণা নির্গত করবে এবং কোন্ মৌল β-কণা নির্গমনকারী—বিষয়টি স্থির নির্দিষ্ট। উদাহরণ স্বরূপ, (a) 238 ভর-সংখ্যার U $\left({}^{238}U\right)$ বা 226 ভর-সংখ্যার Ra α-কণা নির্গমনকারী :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He \quad \left({}^{4}_{2}He \text{ দ্বারা } \alpha\text{-কণা বোঝানো হচ্ছে}\right)$$

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

(b) অপরপক্ষে, ^{234}Th বা ^{228}Ra β-কণা নির্গমনকারী :

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e \quad \left(Pa = \text{প্রোটোঅ্যাকটিনিয়াম}, {}^{0}_{-1}e = \beta\text{-কণা}\right)$$

$$^{228}_{88}Ra \rightarrow {}^{228}_{89}Ac + {}^{0}_{-1}e \quad \left(Ac = \text{অ্যাকটিনিয়াম}\right)$$

(ii) তেজস্ক্রিয় মৌল সমন্বিত অনেক খনিজে আবদ্ধ অবস্থায় (trapped) হিলিয়াম গ্যাস পাওয়া যায়। এই ধরনের কয়েকটি খনিজ হল : ক্লেভাইট (clevite), মোনাজাইট, থোরিয়ানাইট ইত্যাদি—(প্রথমটি ইউরেনিয়ামের খনিজ এবং পরের দুটি থোরিয়ামের খনিজ)। এর কারণ হল—ঐ সব খনিজে বর্তমান এক বা একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌল α-কণা নির্গমনকারী হতে পারে। α-কণা অর্থাৎ দুই একক পরা চার্জবাহী হিলিয়াম কেন্দ্রীন (He^{2+}) পারিপার্শ্বিক থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হিলিয়াম পরমাণু বা হিলিয়াম গ্যাসে পরিণত হয় ($He^{2+} + 2e = He$), ঐ হিলিয়াম গ্যাসই খনিজে আবদ্ধ অবস্থায় বা অন্তর্ধৃত অবস্থায় পাওয়া যেতে পারে। আমাদের এখানে বক্রেশ্বরের উষ্ণ প্রস্রবণ থেকে হিলিয়াম গ্যাস পাওয়া গেছে—এ থেকে এখানে ভূগর্ভে তেজস্ক্রিয় পদার্থের অস্তিত্বের সম্ভাবনার কথা অনুমান করা হয়েছে।

(iii) তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু α-কণা নির্গত করলে ঐ পরমাণুর কেন্দ্রীন পরিবর্তিত হয়ে নতুন মৌলের পরমাণু-কেন্দ্রীন সৃষ্টি করে। নতুন কেন্দ্রীনে 2টি প্রোটন এবং 2টি নিউট্রন কম হবার জন্য উৎপন্ন মৌলের ভর-সংখ্যা 4 একক কম হয় এবং পরমাণুক্রমাংক 2 একক কম হয় (α-কণা 2টি প্রোটন এবং 2টি নিউট্রন সমন্বয়ে গঠিত)।

কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু β-কণা নির্গত করলে উৎপন্ন মৌলের পারমাণবিক ভর প্রায় একই থাকে, কিন্তু পরমাণুক্রমাঙ্ক এক একক বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীনে একটি নিউট্রন প্রোটনে পরিবর্তিত হয় ($n \rightarrow p + e^-$)। অর্থাৎ, নতুন মৌলের পরমাণু কেন্দ্রীনে 1টি নিউট্রন কম হয়, কিন্তু 1টি প্রোটন বেড়ে যায়।

● আল্‌ফা কণা এবং হিলিয়াম আয়নের অভিন্নতা নির্ণায়ক পরীক্ষা :

আল্‌ফা কণা যে হিলিয়াম আয়ন (He^{2+}) ব্যতীত অন্য কিছু নয় রাদারফোর্ডকৃত নীচের পরীক্ষাটি থেকে তা সহজেই প্রমাণিত হয় :

পাতলা কাচের নল A-এর মধ্যে (চিত্র 1.3a) সামান্য বিশুদ্ধ র‍্যাডন গ্যাস (যে গ্যাসটি আল্‌ফা কণা নির্গতকারী) নেওয়া হল, A নলটি অপর একটি প্রশস্ত পুরু নল B-এর মধ্যে সীল করা থাকে। B নলটি আবার একটি বর্ণালী নলের (S) সঙ্গে যুক্ত যেটিতে তড়িৎ-ক্ষরণ ঘটাবার ব্যবস্থা রয়েছে। পরীক্ষা করবার পূর্বেই B নলটিকে বায়ুশূন্য করে নেওয়া হয়। কয়েকদিন পর B নলে সংগৃহীত গ্যাস ঐ নলের তলদেশের পারদতলকে উন্নীত করে সংকুচিত করা হয়। এবারে বর্ণালী নলে গ্যাসটির মধ্যে তড়িৎ-ক্ষরণ ঘটালে হিলিয়ামের স্বকীয় বৈশিষ্ট্যযুক্ত বর্ণালী দৃশ্যমান হয়। A নলে রক্ষিত র‍্যাডন গ্যাস থেকে নির্গত আল্‌ফা কণা ঐ নল থেকে B নলে প্রবেশ করে পারিপার্শ্বিক থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হিলিয়াম গ্যাসে পরিণত হওয়ার ফলেই এই গ্যাসের বর্ণালী দৃশ্যমান হচ্ছে। পাশাপাশি পরীক্ষা করে দেখা গেছে সাধারণ হিলিয়াম গ্যাস যদি A নলে নেওয়া যায় তাহলে ঐ গ্যাস নল ভেদ করে B নলে প্রবেশ করতে পারে না এবং সেক্ষেত্রে S নলে হিলিয়ামের বর্ণালী পরিদৃষ্ট হয় না।

প্রশ্ন : 1.14 বলা হয়ে থাকে α-রশ্মি α-কণা সমবায়ে গঠিত, β-রশ্মি β-কণা সমবায়ে গঠিত। কিন্তু γ-রশ্মি γ-কণা সমবায়ে গঠিত এ কথা বলা হয় না কেন ?

1.15 (i) α-কণা এবং হিলিয়াম পরমাণুর মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ?
(ii) β-কণা এবং সাধারণ ইলেকট্রন কণার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ?
(iii) γ-রশ্মি এবং X-রশ্মির মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ?

1.16 α-কণা, β-কণা এবং γ-রশ্মির মধ্যে (i) কোন্‌টির ভেদন ক্ষমতা বেশী ? (ii) কোনও গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা কোন্‌টির বেশী ? (iii) কোন্‌টির ভর বেশী, ভরবেগ বেশী ? (iv) চার্জ বা আধানের পরিমাণ কোন্‌টির বেশী ?

1.17 তেজস্ক্রিয় মৌল সমন্বিত অনেক খনিজে হিলিয়াম গ্যাস পাওয়া যায়। এর কারণ কি ?

1.18 (i) কোন একটিমাত্র তেজস্ক্রিয় মৌল থেকেই কি α, β এবং γ তিন প্রকার রশ্মিই নির্গত হয় ?
(ii) উপরের প্রশ্নটির উত্তর 'না' হলে বিশেষ পরীক্ষায় তিন প্রকারের রশ্মিই ধরা পড়ে কেন ?

1.19 কোন তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে কি প্রথমেই (α-কণা বা β-কণা নির্গমনের পূর্বেই) γ-রশ্মি নির্গত হতে পারে ?

1.20 কোন তেজস্ক্রিয় মৌল α-কণা বা β-কণা নির্গত করলে উৎপন্ন মৌলটির, (i) পারমাণবিক ওজন কি একই থাকবে (মূল মৌলটির মতই) ? (ii) পরমাণুক্রমাঙ্ক কি একই থাকবে ?

1.21 কোন মৌলের কোন পরমাণু থেকে β-কণা নির্গত হলে মৌলটি অন্য মৌলে পরিবর্তিত হয়, কিন্তু সাধারণ ইলেকট্রন নির্গত হলে এরূপ ঘটে না কেন ?

1.22 তেজস্ক্রিয় রশ্মি পরমাণুর কোন্‌ অংশ থেকে নির্গত হয় ?

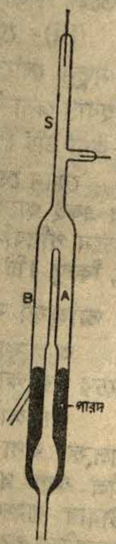
1.23 পরমাণুর কেন্দ্রে ইলেকট্রন নেই, তাহলে পরমাণুর কেন্দ্র থেকে β-কণা নির্গত হয় কিরূপে ?

1.24 কোন পরমাণুর কেন্দ্রে x সংখ্যক প্রোটন ও y সংখ্যক নিউট্রন আছে। পরমাণুটি থেকে যদি (i) α-রশ্মি, (ii) β-রশ্মি এবং (iii) γ-রশ্মি নির্গত হয়, তবে প্রতিটি ক্ষেত্রে কেন্দ্রে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা কত হবে ?

1.25 কোন মৌলের পরমাণু থেকে α বা β-রশ্মি নির্গত হলে প্রকৃতিতে উৎপন্ন নতুন মৌল অবশেষে তড়িৎ নিরপেক্ষ রূপেই অবস্থান করে। কেমন করে তা সম্ভব ?

1.4 তেজস্ক্রিয়তার কয়েকটি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য
(Some notable characteristics af radioactivity)

1. তেজস্ক্রিয়তা হল তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ধর্ম বা পারমাণবিক ধর্ম (Radioactivity is an atomic property) :



(i) তেজস্ক্রিয় পদার্থের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ নির্ণয় করার বহুতর পদ্ধতি আছে। নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের তেজস্ক্রিয়তা নির্ণয় করার পর ঐ পরিমাণ মৌলটিকে তার যে কোন যৌগে রূপান্তরিত করে উৎপন্ন যৌগের তেজস্ক্রিয়তা নির্ণয় করলে দেখা যায় তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ একই থাকে। উদাহরণস্বরূপ, এক গ্রাম ইউরেনিয়াম ধাতু নিয়ে তার তেজস্ক্রিয়তা নির্ণয় করা হল। এবারে ঐ পরিমাণ ইউরেনিয়ামকে এর যৌগ ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লুওরাইডে পরিবর্তিত করা হল এবং ঐ হেক্সাফ্লুওরাইডের তেজস্ক্রিয়তা নির্ণীত হল। দেখা গেল, তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ একই রয়েছে। ইউরেনিয়ামকে হেক্সাফ্লুওরাইডে পরিবর্তিত না করে মৌলটির অন্য যে কোন যৌগে (যেমন টেট্রাক্লোরাইড বা যে কোন অক্সাইড, হাইড্রাইড, হাইড্রক্সাইড ইত্যাদিতে) রূপান্তরিত করে ঐ যৌগের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ নির্ণয় করলেও দেখা যায় তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ একই থাকে। অর্থাৎ, তেজস্ক্রিয়তা ইউরেনিয়াম পরমাণুর ধর্ম। অনুরূপভাবে, যে কোন তেজস্ক্রিয় মৌল নিয়ে একই ভাবে পরীক্ষা করে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে, **তেজস্ক্রিয়তা তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ধর্ম।**

(ii) দেখা যায় যে, বিভিন্ন বাহ্যিক শর্তের (যথা চাপ, তাপমাত্রা, আলোক, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র বা চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব, অনুঘটকের উপস্থিতি ইত্যাদি) হেরফের ঘটালেও তেজস্ক্রিয় পদার্থের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ বা তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের হার অপরিবর্তিতই থাকে। অপরপক্ষে, এই তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ বা তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের হার কেবলমাত্র তেজস্ক্রিয় পদার্থে বর্তমান নির্দিষ্ট তেজস্ক্রিয় মৌলের পরিমাণের হ্রাসবৃদ্ধির উপর নির্ভরশীল।

1 গ্রাম রেডিয়াম নিয়ে নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় এর তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ নির্ণয় করা হল। এবারে বিভিন্ন চাপে এবং বিভিন্ন তাপমাত্রায়—অর্থাৎ, নিম্ন চাপে এবং উচ্চ চাপে, কম

তাপমাত্রায় এবং বেশী তাপমাত্রায়, আলোকে এবং অন্ধকারে, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে এবং চৌম্বক ক্ষেত্রে বিভিন্ন অবস্থায় ঐ রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা নির্ণয় করে দেখা গেল, তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ একই আছে।

এবারে রেডিয়ামের ঐ নমুনার আধ গ্রাম নিয়ে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ নির্ণয় করে দেখা গেল, তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ অর্ধেক হয়ে গেছে। $\frac{1}{3}$ গ্রাম নিলে দেখা যাবে, তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণও এক-তৃতীয়াংশ হয়ে গেছে।

অর্থাৎ তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ বাহ্যিক কোন শর্তের উপরই নির্ভরশীল নয়, কেবলমাত্র নমুনায় বর্তমান তেজস্ক্রিয় মৌলের (এক্ষেত্রে রেডিয়ামের) পরিমাণের উপর নির্ভরশীল, অর্থাৎ মৌলের পরমাণু সংখ্যার উপর নির্ভরশীল (কারণ মৌলের পরমাণু সংখ্যা মৌলের পরিমাণের সমানুপাতিক—1 গ্রাম রেডিয়ামে পরমাণু সংখ্যা n হলে $\frac{1}{2}$ গ্রামে থাকবে $\frac{n}{2}$ সংখ্যক পরমাণু, $\frac{1}{3}$ গ্রামে থাকবে $\frac{n}{3}$ সংখ্যক পরমাণু ··· ইত্যাদি)। অর্থাৎ, আবারও সেই একই সিদ্ধান্তে আসতে হয়—তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পরমাণুর ধর্ম।

তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের হারও একইভাবে নমুনায় বর্তমান তেজস্ক্রিয় মৌলের পরিমাণের বা ঐ মৌলের পরমাণু-সংখ্যার উপর নির্ভরশীল—অন্য কোনও বাহ্যিক শর্তের উপর নির্ভরশীল নয়।

(iii) **সঠিকভাবে বলতে গেলে, তেজস্ক্রিয়তা তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রীনের ধর্ম**। দেখা গেছে পরমাণুর কেন্দ্রীনে নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যার অনুপাত (n/p) 1 হলে, কেন্দ্রীনটি খুবই সুস্থিত হয় এবং ঐ অনুপাত 1 থেকে যত বিচ্যুত হতে থাকে কেন্দ্রীন তত বেশী দুস্থিত হতে থাকে। কয়েকটি গুরু পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট মৌলের (পরমাণুক্রমাংক 82-এর উপরে) পরমাণুর কেন্দ্রীনে নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যার অনুপাত 1 থেকে অনেক বেশী $\left(\frac{n}{p}>>1\right)$। এইসব মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রীন সুস্থিত হবার প্রয়াসে একটি α-কণা বা একটি β-কণা নির্গমন করে এবং $\frac{n}{p}$ অনুপাতটি 1-এ আনতে চায়, অর্থাৎ এইসব মৌল তেজস্ক্রিয় মৌল। তাহলে তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পরমাণুর ধর্ম—পরমাণুর কেন্দ্রীনের ধর্ম (এ সম্পর্কে সামান্য বিস্তৃততর আলোচনা পরে করা হয়েছে)।

2. প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হয় একটি α-কণা নতুবা একটি β-কণা নির্গত করে। ফলে একটি **নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়**। নতুন মৌলটি তেজস্ক্রিয় হলে সেটিও একটি α-কণা বা একটি β-কণা নির্গত করে অপর একটি নতুন মৌলের জন্ম দেয়। এই প্রক্রিয়াটি চলতেই থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না একটি সুস্থিত মৌল (অ-তেজস্ক্রিয় মৌল) উৎপন্ন হয়। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, কোন তেজস্ক্রিয় মৌল থেকেই γ-রশ্মি প্রথমে নির্গত হয় না, মৌলটি একটি α-কণা বা β-কণা নির্গত করার পর মৌলের কেন্দ্রীন সুস্থিত হবার প্রয়াসে γ-রশ্মিরূপে শক্তি নির্গত করে।

কোন একটি তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে α, β এবং γ রশ্মি তিনটিই নির্গত হয় না। তবে তেজস্ক্রিয় পদার্থের নমুনায় একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌল (মূল তেজস্ক্রিয় মৌল এবং তা থেকে ক্রমান্বয়ে উৎপন্ন তেজস্ক্রিয় মৌলগুলি) সাম্যাবস্থায় (**তেজস্ক্রিয় সাম্যাবস্থায়** বা **radioactive equilibrium**-এ) থাকার জন্য তেজস্ক্রিয় নমুনা থেকে তিনপ্রকার রশ্মিই নির্গত হতে দেখা যায়।

তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও সাধারণ রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনা নীচের সারণীতে উপস্থাপিত করা হল ঃ

তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন	সাধারণ রাসায়নিক পরিবর্তন
1. তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রীন নতুন মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রীনে পরিবর্তিত হয়ে যায়। অর্থাৎ তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে অন্য মৌলের সৃষ্টি হয়।	1. রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণুর কেন্দ্রীনের কোন পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ কোন নতুন মৌল উৎপন্ন হয় না। পরমাণুর কেন্দ্র-বহিঃস্থ এক বা একাধিক ইলেকট্রন এই পরিবর্তনে অংশ নেয়।
2. কোন বাহ্যিক শর্তের, যেমন—চাপ, তাপমাত্রা, আলোক, বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ক্ষেত্র, অনুঘটক ইত্যাদির উপর এই পরিবর্তন নির্ভরশীল নয়। স্বতঃস্ফূর্তভাবে এই পরিবর্তন ঘটে।	2. বাহ্যিক শর্তের উপর নির্ভরশীল। বাহ্যিক শর্তের পরিবর্তনে এই পরিবর্তন প্রভাবান্বিত হয়।
3. এই পরিবর্তন সর্বদাই একমুখী।	3. তত্ত্বগতভাবে সব রাসায়নিক পরিবর্তনই উভমুখী। সাধারণভাবে **বাস্তবতার দিক** থেকে চিন্তা করে বলা যায় যে সাধারণ রাসায়নিক পরিবর্তন একমুখীও হতে পারে, উভমুখীও হতে পারে।
4. পরমাণুর কেন্দ্রীন থেকে α, β, γ রশ্মি নির্গত হয়।	4. এই পরিবর্তনে পরমাণুর কেন্দ্রীন থেকে α, β বা γ রশ্মি নির্গত হয় না।
5. শক্তির পরিবর্তনের পরিমাণ 10^9 ক্যালোরি/মোল বা তারও বেশী—সাধারণ রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনায় অনেক গুণ বেশী।	5. শক্তির পরিবর্তন 10^4—10^5 ক্যালোরি/মোল থেকে বেশী নয়।

প্রশ্ন ঃ **1.26** রেডিয়াম তেজস্ক্রিয়, কিন্তু রেডিয়াম ক্লোরাইড তেজস্ক্রিয় নয়—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

1.27 ইউরেনিয়ামকে ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লুওরাইডে রূপান্তরিত করলে কি ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা লোপ পায় ?

1.28 তেজস্ক্রিয়তা যে তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ধর্ম কিভাবে তা প্রমাণ করা যায় ?

1.29 x গ্রাম রেডিয়াম ও $\frac{x}{2}$ গ্রাম রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণের মধ্যে সম্পর্ক কি ? এর থেকে কি সিদ্ধান্ত করা যায় ?

1.30 তেজস্ক্রিয়তার সঙ্গে মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রীনের নিউট্রন ও প্রোটন সংখ্যার অনুপাতের কোন সম্বন্ধ আছে কি ?

1.31 কোন মৌলের পরমাণুর কেন্দ্রীনের $\frac{n}{p} \approx 1$ হলে, পরমাণুটি দুস্থিত হয়—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

1.32 তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন সর্বদা একমুখী বলতে কি বোঝায় ?

[**তেজস্ক্রিয় বিভাজনের তত্ত্ব (Theory of radioactive disintegration) :** তেজস্ক্রিয়তা ঘটনাটির ব্যাখ্যা দেবার জন্য 1903 সালে রাদারফোর্ড এবং সডি (E. Rutherford এবং F. Soddy) তাঁদের তেজস্ক্রিয় বিভাজন তত্ত্ব উপস্থাপিত করেন।

এই তত্ত্ব অনুযায়ী তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু অ-তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ন্যায় সুস্থিত নয়। যে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু একটি α-কণা বা একটি β-কণা নির্গমনের মাধ্যমে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙ্গে গিয়ে নতুন মৌলের পরমাণুর জন্ম দেয়। উৎপন্ন মৌলটি তেজস্ক্রিয় হলে সেটিও একটি α-কণা বা একটি β-কণা ত্যাগ করে অপর একটি মৌল সৃষ্টি করে এবং এই বিভাজন প্রক্রিয়া চলতেই থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না একটি সুস্থিত অ-তেজস্ক্রিয় মৌল উৎপন্ন হয়।

যে কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের তেজস্ক্রিয় বিভাজনের হার (অর্থাৎ, প্রতি একক সময়ে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা) মৌলটির সেই মুহূর্তে বর্তমান পরমাণু সংখ্যার সমানুপাতিক।

এই বিষয়টিকে গাণিতিক ভাবে প্রকাশ করা যায় এইভাবে ঃ

$$-\frac{dn}{dt} \propto n \text{ বা, } -\frac{dn}{dt} = \lambda n$$

(dn = dt সময়ে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণু-সংখ্যা।

$\therefore \frac{dn}{dt}$ = একক সময়ে ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণু-সংখ্যা

= তেজস্ক্রিয় বিভাজনের হার,

n = তেজস্ক্রিয় মৌলের নির্দিষ্ট মুহূর্তে বিদ্যমান পরমাণু-সংখ্যা, $\frac{dn}{dt}$ -এর পূর্বে নেগেটিভ চিহ্ন নির্দেশ করে যে, সময়ের সঙ্গে পরমাণু-সংখ্যা হ্রাস পায়।)

অনুপাতমূলক ধ্রুবক λ-কে বলে **তেজস্ক্রিয় বিভাজন ধ্রুবক** (**Radioactive disintegration constant**); এর মান বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

$$\lambda = \frac{-\frac{dn}{dt}}{n} = \frac{-dn/n}{dt}$$

dn/n হল তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যার সেই ভগ্নাংশ যা ভেঙ্গে যায় dt সময়ে।

$\therefore \frac{dn/n}{dt}$ হল তেজস্ক্রিয় মৌলের নির্দিষ্ট মুহূর্তে বিদ্যমান পরমাণু সংখ্যার সেই ভগ্নাংশ যা একক সময়ে ভেঙ্গে যায়। এটিই হল তেজস্ক্রিয় বিভাজন ধ্রুবক। এর একক হল সময়$^{-1}$, যেমন সেকেণ্ড$^{-1}$, মিনিট$^{-1}$, বছর$^{-1}$ ইত্যাদি।

কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ বা পরমাণু-সংখ্যার পরিমাণ ঠিক অর্ধেক হয়ে যেতে যত সময় লাগে সেই সময়কালকে নির্দিষ্ট মৌলটির **অর্ধ-আয়ুষ্কাল** (**half-life period**) বলে।

নির্দিষ্ট তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধ-আয়ুষ্কালের মান নির্দিষ্ট। তেজস্ক্রিয় বিভাজন ধ্রুবক এবং অর্ধ-আয়ুষ্কাল তেজস্ক্রিয় মৌলের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম।

তেজস্ক্রিয় বিভাজন ধ্রুবক এবং অর্ধ-আয়ুষ্কালের মধ্যে নীচের গাণিতিক সম্পর্ক বর্তমান ঃ

অর্ধ-আয়ুষ্কাল, $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0{\cdot}693}{\lambda}$, এই সম্পর্ক থেকে $t_{\frac{1}{2}}$ এবং λ-এর যে কোন একটির মান জানা থাকলে অপরটির মান নির্ণয় করা যায়। কার্বনের তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক 14 ভর-সংখ্যার কার্বনের অর্ধ-আয়ুষ্কাল 5400 বছর—এর অর্থ হল কোন নির্দিষ্ট সময়ে 1 গ্রাম ^{14}C থাকলে সেই সময় থেকে 5400 বছর পরে 0·5 গ্রাম ^{14}C অবশিষ্ট থাকবে। (আরও 5400 বছর পরে অবশিষ্ট থাকবে $\frac{0{\cdot}5}{2}$ বা 0·25 গ্রাম ইত্যাদি)।

প্রশ্ন : 1.33 রেডিয়ামের অর্ধ-আয়ুষ্কাল 1620 বছর। এর অর্থ কি ?

1.34 ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয় বিভাজন ধ্রুবকের মান $1{\cdot}52\times10^{-10}$ বছর$^{-1}$। ইউরেনিয়ামের অর্ধ-আয়ুষ্কাল কত ?]

● **সডি এবং ফজন্সের গ্রুপ সরণ সূত্র (Soddy-Fajans' Group Displacement law) :**

1913 সালে সডি এবং ফজন্স (F. Soddy এবং K. Fajans) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন সম্পর্কিত একটি সূত্র উপস্থাপিত করেন যেটি **সডির গ্রুপ সরণ সূত্র** বা **সডি-ফজন্সের গ্রুপ-প্রতিসরণ সূত্র** রূপে পরিচিত। সূত্রটি নিম্নরূপ :

কোন তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কোন তেজস্ক্রিয় মৌল একটি α-কণা নির্গত করলে উৎপন্ন মৌলটি পর্যায়-সারণীতে মূল জন্মদাত্রী মৌলটির দু ঘর বাঁদিকে সরে যায়—উৎপন্ন মৌলটির পরমাণুক্রমাঙ্ক মূল মৌলটির পরমাণুক্রমাংক থেকে 2 একক কম হবার দরুণ। অপরপক্ষে, এই ধরনের পরিবর্তনে তেজস্ক্রিয় মৌল একটি β-কণা নির্গত করলে উৎপন্ন মৌলের অবস্থান পর্যায় সারণীতে জন্মদাত্রী মৌলের এক ঘর ডানদিকে হয়—কারণ উৎপন্ন মৌলের পরমাণুক্রমাংক মূল মৌলের পরমাণুক্রমাংক থেকে এক একক বৃদ্ধি পায়। সূত্রটি থেকে এই সিদ্ধান্তে সহজেই আসা যায় যে, একটি তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে একটি α-কণা নির্গত হবার পর যদি পর পর দুটি β-কণা নির্গত হয় তবে শেষ পর্যন্ত উৎপন্ন মৌলটির পর্যায়-সারণীতে অবস্থান মূল মৌলটির সঙ্গে একই ঘরে হবে, যদিও উৎপন্ন মৌলটির পারমাণবিক ওজন মূল মৌলটির তুলনায় প্রায় 4 একক কমে যায়। এক্ষেত্রে উৎপন্ন মৌল এবং মূল মৌলের অবস্থান পর্যায়-সারণীতে একই ঘরে হবার দরুন এদের পরস্পরের **আইসোটোপ** বা **সমস্থানিক** বা **সমঘর** বলা হয়। (Iso = same, topos = place)।

সডি-ফজন্সের গ্রুপ সরণ সূত্রের গুরুত্ব অসীম :

(i) প্রথমত বিরাট সংখ্যক তেজস্ক্রিয় মৌলের পর্যায়-সারণীর সীমিত পরিসরে স্থান সংকুলানে এই সূত্রটি যথেষ্ট সহায়ক হয়েছে। মেন্ডেলিফের ধারণা ছিল যে, পর্যায়-সারণীর একটি ঘরে একটি পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট একটিমাত্র মৌলই বসতে পারে। কিন্তু সডি-ফজন্সের সরণ সূত্র থেকে জানা গেল যে, একটি তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে পর পর একটি α এবং দুটি β কণা নির্গত হলে উৎপন্ন মৌল মূল মৌলের সঙ্গে পর্যায় সারণীতে একই ঘরে অবস্থান করে—যদিও উৎপন্ন মৌলের পারমাণবিক ভর মূল মৌলটির পারমাণবিক ভর থেকে প্রায় 4 একক কমে যায়—অর্থাৎ পর্যায়-সারণীর একটি ঘরে একাধিক পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট আইসোটোপসমূহ অবস্থান করতে পারে (তবে মূলত এগুলি অবশ্য একই মৌল, কারণ এদের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক একই)। এই সিদ্ধান্তটি পর্যায়-সারণীতে মৌলসমূহের বিন্যাস বিষয়ে একটি যুগান্তকারী ঘটনা—এর ফলে অসংখ্য তেজস্ক্রিয় আইসোটোপকে পর্যায়-সারণীর সীমিত পরিসরে বসানো সম্ভব হয়েছে।

(ii) সডি-ফজন্সের গ্রুপ সরণ সূত্র থেকেই প্রথম আইসোটোপ বা সমস্থানিক সম্পর্কে ধারণা জন্মে। পরবর্তী কালে অবশ্য অ-তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রেও আইসোটোপ আবিষ্কৃত হয়েছে।

সডি-ফজন্সের গ্রুপ সরণ সূত্রের ব্যাখ্যা : তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কোন তেজস্ক্রিয় মৌল একটি α-কণা নির্গত করলে উৎপন্ন মৌলটির পারমাণবিক ভর মূল মৌলটির পারমাণবিক ভর থেকে 4 একক কমে যায় এবং পরমাণুক্রমাঙ্ক 2 একক কমে যায়। কারণ একটি α-কণার ভর প্রায় 4 পারমাণবিক ভর একক এবং α-কণা 2 একক পরা চার্জবাহী। পরমাণুক্রমাঙ্ক 2 কমে যাবার দরুন উৎপন্ন মৌলটির অবস্থান পর্যায়-সারণীতে জন্মদাত্রী মৌলটির দু ঘর বাঁদিকে হয়।

অপরপক্ষে, তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে β-কণা নির্গত হলে উৎপন্ন মৌলের পারমাণবিক ভর মূল মৌলটির মত প্রায় একই থাকে—কারণ β-কণার ভর নগণ্য। তবে β-কণা পরমাণুর কেন্দ্রীন থেকে

নির্গত হয়। β-কণা কিন্তু কেন্দ্রীনে থাকে না, একটি নিউট্রন একটি প্রোটনে পরিবর্তিত হলেই সঙ্গে একটি β-কণা নির্গত হয় (কেন্দ্রীনের গঠন সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য) : $n \rightarrow p + e$

এক্ষেত্রে, কেন্দ্রীনে একটি প্রোটন বৃদ্ধি পাওয়াতে পরমাণুক্রমাংক এক একক বৃদ্ধি পায়, ফলে পর্যায়-সারণীতে উৎপন্ন মৌলটির অবস্থান জন্মদাত্রী মৌলের একঘর ডানদিকে হয়।

এখানে একটি বিষয় অবশ্য উল্লেখ্য : পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ। তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু থেকে α-কণা নির্গত হলে পরমাণুর কেন্দ্রীনে 2টি প্রোটন কমে যাবার ফলে 2 একক পরা চার্জ কমে যায়, (কারণ একটি α-কণা দুটি প্রোটন এবং দুটি নিউট্রন সমবায়ে গঠিত), উৎপন্ন নমুনাটি তড়িৎ-নিরপেক্ষ হবার প্রয়াসে কেন্দ্রবহিঃস্থ অংশ থেকে অতিরিক্ত দুটি ইলেকট্রন পরিপার্শ্বিক পরিবেশে ত্যাগ করে প্রশম পরমাণুতে পরিণত হয়।

$$^{A}_{Z}X \xrightarrow[-2n,\,-2p]{-\alpha} {}^{A-4}_{Z-2}Y$$

(X = মূল তেজস্ক্রিয় মৌল,
Y = X থেকে উৎপন্ন মৌল,
A = ভর সংখ্যা,
Z = পরমাণু ক্রমাংক)

অপরপক্ষে, তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে β-কণা নির্গত হলে পরমাণুর কেন্দ্রীনে একটি প্রোটন বৃদ্ধি পাওয়ায় কেন্দ্রবহিঃস্থ অংশে একটি ইলেকট্রন ঘাটতি পড়ে—নমুনাটি পারিপার্শ্বিক পরিবেশ থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে তড়িৎ-নিরপেক্ষ পরমাণু উৎপন্ন করে।

$$^{A}_{Z}X \xrightarrow[-n,\,+p]{-\beta} {}^{A}_{Z+1}Y$$

[**কৃত্রিম বা সঞ্চরিত তেজস্ক্রিয়তা (Artificial or Induced radioactivity) :** 1934 সালে আইরিন কুরী (মাদাম কুরীর জ্যেষ্ঠা কন্যা) এবং এফ. জোলিও (I. Curie and F. Joliot) লক্ষ্য করেন যে, কয়েকটি হালকা সুস্থিত মৌল (তেজস্ক্রিয় নয়) যথা বোরন, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদিকে α-কণা দ্বারা আঘাত করলে দু ধরনের বিভাজন লক্ষিত হয়—প্রথম ধরনের বিভাজন বিক্রিয়ায় প্রোটন নির্গত হতে দেখা যায়, দ্বিতীয় ধরনের বিভাজন বিক্রিয়ায় নির্গত হয় নিউট্রন এবং পজিট্রন (পজিটিভ বা পরা ইলেকট্রন e^+)। α-কণার উৎস সরিয়ে নিলে প্রোটন এবং নিউট্রনের নির্গত হওয়া সঙ্গে সঙ্গে বন্ধ হয়ে যায়—কিন্তু পজিট্রনের নির্গমন চলতে থাকে—এই নির্গমনের হার অবশ্য সময়ের সঙ্গে সঙ্গে কমে আসে। এই ঘটনা লক্ষ্য করে আইরিন কুরী এবং জোলিও এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, নিউট্রন এবং পজিট্রনের নির্গত হবার ব্যাপারটি একসঙ্গে ঘটছে বলে আপাতদৃষ্টিতে মনে হলেও আসলে দুটি পৃথক ধাপে ঘটনাটি ঘটছে। α-কণার আঘাতে প্রথমে আঘাতপ্রাপ্ত নিউক্লিয়াস (Target nucleus) থেকে নিউট্রন বেরিয়ে আসে। নতুন যে মৌলটি এর ফলে উৎপন্ন হয় সেটি তেজস্ক্রিয় এবং সেই তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে পজিট্রন নির্গত হতে থাকে—ঠিক যেমনভাবে প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে α-কণা বা β-কণা নির্গত হয় তেমনভাবে। যেমন, ম্যাগনেসিয়ামকে α-কণা দ্বারা আঘাত করলে এই ধরনের বিক্রিয়া হয় :

$$^{24}_{12}Mg + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{27}_{14}Si + {}^{1}_{0}n$$

(উপরের সংখ্যাগুলি দ্বারা ভর-সংখ্যা অথবা পারমাণবিক ভর এবং নিচের সংখ্যাগুলি দ্বারা পরমাণুক্রমাংক বা চার্জের সংখ্যা বোঝানো হয়, $^{4}_{2}He$ দ্বারা α-কণা এবং $^{1}_{0}n$ দ্বারা নিউট্রন বোঝানো হয়েছে)।

এক্ষেত্রে উৎপন্ন মৌলটি 27 ভর-সংখ্যার সিলিকন—সিলিকনের কোন সুস্থিত সমস্থানিক নয়। এটি তেজস্ক্রিয় এবং একে বলে রেডিও-সিলিকন। সাধারণ তেজস্ক্রিয় মৌলের মতই এটিও রশ্মি বিকিরণ করে, তবে পার্থক্য হল এক্ষেত্রে α-কণা বা β-কণা নির্গত না হয়ে পজিট্রন নির্গত হয় :

$^{27}_{14}Si \rightarrow ^{27}_{13}Al + ^{0}_{1}e^{+}$ $\left(^{0}_{1}e^{+}\right.$ দ্বারা পজিট্রনকে বোঝানো হয়েছে $\left.\right)$ 27 ভর-সংখ্যার Al, অ্যালুমিনিয়ামের সুস্থিত সমস্থানিক।

ঘটনাটি থেকে এই সিদ্ধান্তেই আসা যায় যে, কয়েকটি সুস্থিত (অ-তেজস্ক্রিয়) মৌলকে α-কণা দ্বারা আঘাত করে কৃত্রিম উপায়ে তেজস্ক্রিয় মৌল সৃষ্টি করা সম্ভব ; অর্থাৎ, তেজস্ক্রিয়তা সঞ্চরণ করা সম্ভব। এই ঘটনাকেই **কৃত্রিম বা সঞ্চরিত তেজস্ক্রিয়তা** বলা হয়ে থাকে।

পরবর্তী কালের গবেষণা অবশ্য প্রমাণ করেছে যে, শুধু α-কণা নয়—ডয়টেরন, প্রোটন. নিউট্রন, γ-রশ্মি প্রভৃতি দ্বারা অনেক মৌলকে আঘাত করলে সেই মৌলগুলি থেকে কৃত্রিম উপায়ে তেজস্ক্রিয় মৌল উৎপন্ন করা সম্ভব। প্রকৃতপক্ষে কৃত্রিম উপায়ে এভাবে প্রায় 500-এরও বেশী তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ এ পর্যন্ত প্রস্তুত করা হয়েছে। সব কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় মৌলই যে পজিট্রন নির্গমনকারী তা কিন্তু নয়। এ ধরনের অনেক তেজস্ক্রিয় মৌল স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয় মৌলের ন্যায় β-কণাও নির্গত করতে পারে।

তেজস্ক্রিয় মৌল উৎপাদন সম্পর্কিত দু-একটি বিক্রিয়ার উদাহরণ নীচে প্রদত্ত হল :

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{28}_{13}Al^{*} ; \quad ^{28}_{13}Al* \rightarrow ^{28}_{14}Si + ^{0}_{-1}e$$

$\left(^{1}_{1}H = \right.$ প্রোটন, $^{0}_{-1}e =$ ইলেকট্রন বা β-কণা $\left.\right)$

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{24}_{11}Na^{*} ; \quad ^{24}_{11}Na* \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e$$

$$^{31}_{15}P + \gamma \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{30}_{15}P* ; \quad ^{30}_{15}P^{*} \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{+1}e$$

* (এই চিহ্ন দ্বারা নমুনাটি যে তেজস্ক্রিয় সেটাই বোঝানো হয়েছে)।

বাস্তবক্ষেত্রে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের প্রয়োগ বহু ক্ষেত্রেই সফলভাবে করা হয়েছে—বহু রাসায়নিক বিক্রিয়ার কৌশল (mechanism) জানবার জন্য, কৃষিক্ষেত্রে এবং ঔষধপত্রেও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহারিক প্রয়োগ করা হয়ে থাকে।

1.5 তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপের একক (Unit of radioactivity)

এক গ্রাম রেডিয়ামে যত সংখ্যক পরমাণু আছে (অর্থাৎ, $\frac{6\cdot023 \times 10^{23}}{226}$ সংখ্যক) তার মধ্যে প্রতি সেকেন্ডে $3\cdot7 \times 10^{10}$ সংখ্যক পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙ্গে যায় (প্রতি পরমাণু একটি করে α-কণা নির্গমনের মাধ্যমে)—প্রতি সেকেন্ডে এই সংখ্যক পরমাণুর বিভাজন হলে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ ধরা হয় 1 কুরী (1 c)।

1 মিলি কুরী (mc) = সেকেন্ডে $3\cdot7 \times 10^{7}$ সংখ্যক পরমাণুর তেজস্ক্রিয় বিভাজন,
1 মাইক্রো কুরী (μc) = সেকেন্ডে $3\cdot7 \times 10^{4}$ সংখ্যক পরমাণুর তেজস্ক্রিয় বিভাজন।
কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের a সংখ্যক পরমাণু 1 সেকেন্ডে বিভাজিত হলে তার তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ হল $\frac{a}{3\cdot7 \times 10^{10}}$ কুরী বা, $\frac{a}{3\cdot7 \times 10^{7}}$ mc বা, $\frac{a}{3\cdot7 \times 10^{4}}$ μc.

প্রশ্ন : 1.35 একটি তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে প্রতি সেকেন্ডে $7\cdot4 \times 10^{3}$ সংখ্যক α-কণা নির্গত হয়। মৌলটির তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ কত ?

(উঃ 0·2 μc)

[কয়েকটি বিশেষ ধরনের নিউক্লীয় বিক্রিয়া (**Some special types of nuclear reactions**) :

(i) **নিউক্লীয় বিভাজন বিক্রিয়া** (Nuclear fission) : অনেক সময় কোন ভারী পরমাণু-কেন্দ্রীন, যেমন 235 ভর-সংখ্যার ইউরেনিয়াম কেন্দ্রীনকে ধীর গতিসম্পন্ন নিউট্রন (উৎস থেকে নির্গত হবার পর নিউট্রন কণাকে ভারীজল বা সীসার পাতের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে নিয়ে নিউট্রনকে ধীর গতিসম্পন্ন করে নেওয়া যায়) বা অন্য কোন উচ্চ শক্তি-সম্পন্ন কণা দ্বারা আঘাত করলে ঐ ভারী কেন্দ্রীন নিউট্রন গ্রহণ করে যে যৌগ-কেন্দ্রীন (compound nucleus) উৎপন্ন করে সেটি অতি দুস্থিত হবার ফলে প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই ভেঙ্গে তুলনীয় আকারের (of comparable size) দুটি কেন্দ্রীনে পরিবর্তিত হতে পারে। এই ধরনের নিউক্লীয় বিক্রিয়াকে নিউক্লীয় বিভাজন বলে।

নিউক্লীয় বিভাজনে সর্বদাই প্রচুর পরিমাণে শক্তি নির্গত হয়, কারণ বিভাজনের ফলে উৎপন্ন জাতক পদার্থসমূহের মোট ভর বিক্রিয়কগুলির মোট ভর থেকে কম হয়—এই ভর পার্থক্যই বা ভরত্রুটি (mass defect) শক্তিতে পরিবর্তিত হয়ে (আইনস্টাইনের ফর্মুলা $E = mc^2$ অনুযায়ী) নির্গত হয়। বিভাজনের সময়ে পরমাণু পিছু প্রায় 3 থেকে 4টি নিউট্রন নির্গত হয়—যেগুলি আবার নতুন লক্ষ্যবস্তু কেন্দ্রীনের বিভাজন ঘটাতে পারে এবং আরও নিউট্রন উৎপন্ন করতে পারে। এইভাবে একটিমাত্র কার্যকরী নিউট্রন (effective neutron) দিয়ে বিভাজন বিক্রিয়া শুরু করেও স্বতঃচলমান (self propagating) শাখা-শৃংখল বিক্রিয়ার ফলে বিভাজন ক্রিয়াটি চলতেই থাকে। এর ফলে অতি দ্রুত বিশাল পরিমাণ শক্তি নির্গত হতে পারে—বিভাজন নিয়ন্ত্রণ করতে না পারলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সম্ভাবনা দেখা দেয়।

235 ভর-সংখ্যার ইউরেনিয়ামকে ধীরগতির নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে শৃংখল বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রচুর জাতক উৎপন্ন হতে পারে। এই বিভাজন বিক্রিয়াটির একটি আদর্শ সমীকরণ হল :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n = ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + 175\ MeV$$

(MeV = মিলিয়ন ইলেকট্রন ভোল্ট)

^{235}U-এর বিভাজনের ফলে যে অসংখ্যা মৌলের পরমাণু উৎপন্ন হয় তাদের পরমাণুক্রমাংক সাধারণত 30 (Zn) থেকে 63 (Eu)-এর মধ্যে থাকে এবং পারমাণবিক ভর 72 থেকে 162-এর মধ্যে থাকে।

তেজস্ক্রিয় বিভাজন বিক্রিয়ার গুরুত্ব অসীম। **পারমাণবিক বোমা প্রস্তুত করা হয় এই বিক্রিয়ার নীতিকে কাজে লাগিয়ে—বিভাজন বিক্রিয়াকে নিয়ন্ত্রিত না করার ফলে অতিদ্রুত প্রচণ্ড শক্তি নির্গত হয়ে পারমাণবিক বিস্ফোরণের সৃষ্টি হয়।**

আবার নিউক্লীয় বিভাজনকে সুষ্ঠু নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে বিভাজনজাত বিশাল শক্তির শান্তিপূর্ণ প্রয়োগও সম্ভব—যেমনটি করা হয়ে থাকে নিউক্লীয় বা পারমাণবিক চুল্লীতে (Nuclear or Atomic reactor)। আজকের শক্তি সংকটের প্রেক্ষিতে বিষয়টির গুরুত্ব খুবই বেশী। কারণ পারমাণবিক শক্তির উৎস বিভাজনীয় বস্তুর প্রচুর মজুত উৎস পৃথিবীতে বর্তমান।

238 ভর-সংখ্যার ইউরেনিয়াম পরমাণুরও বিভাজন ঘটানো যেতে পারে। তবে সেক্ষেত্রে তীব্রগতিসম্পন্ন নিউট্রনের (fast neutrons) প্রয়োজন। ^{235}U-ই অবশ্য বিভাজন বিক্রিয়ার পক্ষে বেশী উপযোগী (U-এর 235 এবং 238 ভর-সংখ্যাবিশিষ্ট সমস্থানিক থেকে UF_6 যৌগের গ্যাসীয় ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে পৃথকীকৃত করে নেওয়া হয়—বিভাজন ঘটাবার জন্য বিশুদ্ধ ^{235}U প্রয়োজন হয়)।

অন্য কয়েকটি মৌলের পরমাণুরও বিভাজন বিক্রিয়া ঘটানো যেতে পারে—এদের মধ্যে রয়েছে ^{239}Pu এবং ^{233}U যাদের বিভাজনের জন্য ধীরগতির নিউট্রন প্রয়োজন এবং ^{232}Th যার বিভাজন হতে পারে দ্রুত গতির নিউট্রন দ্বারা।

(ii) **নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া (Nuclear fusion)**ঃ অতি উচ্চ তাপমাত্রার প্রভাবে কোন কোন হালকা মৌলের সমস্থানিকগুলি যেমন ^2_1H, ^3_1H এবং ^6_3Li পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে অধিকতর সুস্থিত তুলনামূলকভাবে ভারী পরমাণু-কেন্দ্রীনের সৃষ্টি করতে পারে। এই ধরনের বিক্রিয়াকে নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া বলা হয়। নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়ার দুটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল ঃ

$$^3_1H + ^3_1H = ^4_2He + 2^1_0n + 11\cdot4 \text{ MeV}$$

$$^3_1H + ^2_1H = ^4_2He + ^1_0n + 17\cdot6 \text{ MeV}$$

নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া ঘটাতে অতি উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন —10 লক্ষ ডিগ্রী সেলসিয়াস বা তারও বেশী। এজন্য নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়াকে **তাপীয়-নিউক্লীয় বিক্রিয়া (Thermo-nuclear reactions)**-ও বলা হয়ে থাকে।

নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া সংঘটিত করতে নিউক্লীয় বিভাজনজাত বিশাল তাপমাত্রাকে কাজে লাগানো হয়। নিউক্লীয় সংযোজন কালে প্রচুর শক্তি নির্গত হয়—বিক্রিয়কগুলির মোট ভর জাতকগুলির মোট ভর থেকে বেশী হবার ফলে ভর-পার্থক্য শক্তিতে পরিবর্তিত হয়।

বিক্রিয়কের একক পরিমাণ ওজন পিছু উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ নিউক্লীয় সংযোজনের ক্ষেত্রে নিউক্লীয় বিভাজনের ক্ষেত্র থেকে অনেক বেশী—প্রায় 4 গুণ। সূর্য এবং নক্ষত্রগুলির বিশাল শক্তির উৎস সম্ভবত নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া—সম্ভবত 4টি হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লীয় সংযোজনে 1টি হিলিয়াম পরমাণুর উৎপত্তিজনিত সংযোজন বিক্রিয়ার ফলশ্রুতিই বিশাল শক্তি উৎপন্ন হওয়া।

হাইড্রোজেন বোমা প্রস্তুতি এবং প্রয়োগে সম্ভবত নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়ার নীতিকে কাজে লাগানো হয়। ঐ নিউক্লীয় সংযোজন ঘটাতে প্লুটোনিয়ামের নিউক্লীয় বিভাজনজনিত শক্তিকে ব্যবহার করা হয়।

নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়াকে নিয়ন্ত্রিত করার কৌশল আজও মানুষের করায়ত্ব হয় নি, তবে এ সম্পর্কে জোর প্রচেষ্টা শুরু হয়েছে। বিজ্ঞানীরা আশা করছেন অদূর ভবিষ্যতেই এ কাজে তাঁরা সাফল্য লাভ করবেন এবং তাহলে আগামী কয়েক লক্ষ বছরে পৃথিবীতে শক্তি সমস্যা থাকবে না। কারণ, পৃথিবীর সমুদ্রগুলিতে যে পরিমাণ জল আছে তা থেকে প্রচুর পরিমাণে ভারী হাইড্রোজেন (ডয়টেরিয়াম) পাওয়া যেতে পারে এবং ঐ ডয়টেরিয়ামের সংযোজন বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রচুর পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করা সম্ভব হবে বলে বিজ্ঞানীদের আশা।

প্রশ্ন ঃ 1.36 নিউক্লীয় বিভাজন হয় এমন কয়েকটি পরমাণুর নাম কর—ঐ সব পরমাণুর প্রতিটির বিভাজনের জন্য কি ধরনের কণার (projectile) প্রয়োজন উল্লেখ কর।

1.37 নিউক্লীয় বিভাজনে শক্তি শোষিত হয়—না নির্গত হয়? এই শক্তি কোথা থেকে আসে?

1.38 ^{235}U এবং ^{238}U এর মধ্যে কোন্‌টি বিভাজনের পক্ষে অধিকতর উপযোগী?

1.39 পরমাণু বোমায় কোন্‌ বিক্রিয়ার নীতি কাজে লাগানো হয়—নিউক্লীয় বিভাজন—না নিউক্লীয় সংযোজন?

1.40 (a) নিউক্লীয় বিভাজন বিক্রিয়াজাত শক্তির শান্তিপূর্ণ প্রয়োগ সম্ভব কি?

(b) নিউক্লীয় সংযোজনজাত শক্তির শান্তিপূর্ণ প্রয়োগ সম্ভব কি?

1.41 তাপীয়-নিউক্লীয় বিক্রিয়া বলতে কি বোঝ ?

1.42 সূর্য এবং নক্ষত্ররাজির শক্তির সম্ভাব্য উৎস কি ?

1.43 কোন্‌টিতে বিক্রিয়কের একক ওজন পিছু নির্গত শক্তির পরিমাণ বেশী—নিউক্লীয় বিভাজনে—না নিউক্লীয় সংযোজনে ?

তেজস্ক্রিয়তা ও পরিবেশ-দূষণ (Radioactivity and Environmental Pollution) :

কয়েকটি বৃহৎ শক্তি যথেচ্ছ পারমাণবিক বিস্ফোরণ-সম্পর্কিত পরীক্ষা-নিরীক্ষায় মেতে উঠেছে—ফলে তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকিরণের মাধ্যমে জল, বায়ু, মাটি বিষিয়ে যাবার মারাত্মক সম্ভাবনা দেখা দিয়েছে। দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের সময়ে জাপানের নাগাসাকি এবং হিরোশিমা শহর দুটিতে আমেরিকা মাত্র দুটি পরমাণু বোমা ফেলায় শহর দুটি সম্পূর্ণ ধ্বংস হয়েছিল—একথা আমরা সকলেই জানি। এ ধরনের হাজার হাজার বোমা এখন বৃহৎ শক্তিগুলির ভাণ্ডারে মজুত তো রয়েছেই—এমনকি পরমাণু বোমা থেকে আরও মারাত্মক হাইড্রোজেন বোমারও অধিকারী বেশ কয়েকটি দেশ। কাজেই, সমগ্র মনুষ্য-সমাজের সামনেই চরম বিপদের সম্ভাবনা।

1954 সালে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্র প্রশান্ত মহাসাগরে হাইড্রোজেন বোমা নিয়ে পরীক্ষা চালানোয় ঐ মহাসাগরের জল দূষিত হয়ে পড়ে। যদিও 1963 সালে সম্পাদিত একটি আন্তর্জাতিক চুক্তি অনুযায়ী বায়ুমণ্ডলে, মহাশূন্যে বা জলের নীচে পারমাণবিক অস্ত্রপরীক্ষা নিষিদ্ধ হয়েছে, তবুও দু-একটি দেশ এই চুক্তিকে বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দেখিয়ে সমুদ্র জলের নীচে বা মহাশূন্যে পারমাণবিক বিস্ফোরণ নিয়ে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করেই চলেছে। এছাড়াও শান্তির কাজে ব্যবহারের উদ্দেশ্যে পারমাণবিক চুল্লী গড়ে তুললেও যথাযথ সতর্কতা না নিয়ে বর্জ্যপদার্থ সমুদ্রে বা যত্রতত্র পরিত্যক্ত হলে জল-মাটি বিষিয়ে যেতে পারে। তেজস্ক্রিয় পদার্থ মানবদেহে প্রবেশ করলে মারাত্মক ব্যাধিতে আক্রান্ত হবার সম্ভাবনা। উদাহরণস্বরূপ, তেজস্ক্রিয় পদার্থ 90 ভরসংখ্যার স্ট্রনসিয়াম (^{90}Sr) দেহে প্রবিষ্ট হলে হাড়ের মজ্জায় ঢুকে অস্থি টিউমার বা অস্থি ক্যান্সার বা লিউকোমিয়া—এইসব মারাত্মক ব্যাধির সৃষ্টি করে। (এমনও হতে পারে ছাগল, গরু, মোষ ইত্যাদি মাঠে চরবার সময়ে হয়তো ^{90}Sr মিশ্রিত ঘাস বা লতাপাতা খেয়ে নিল। মানুষ হয়তো এইসবের মাংস বা দুধ খেল, তাতেই মানুষ ঐসব ব্যাধিতে আক্রান্ত হতে পারে।) কাজেই সারা পৃথিবী জুড়েই পারমাণবিক বিস্ফোরণ-সংক্রান্ত পরীক্ষা-নিরীক্ষার বিরুদ্ধে শক্তিশালী আন্দোলন গড়ে তোলা দরকার।]

[ভারতে শান্তিপূর্ণ ব্যবহারের উদ্দেশ্যে কয়েকটি পারমাণবিক শক্তিকেন্দ্র গড়ে উঠেছে। একটি কেন্দ্র বোম্বাই-এর কাছে তারাপুরে, অপর একটি কেন্দ্র রাজস্থানের রাণাপ্রতাপসাগরে। তামিলনাড়ুর কলাপক্কমে সম্প্রতি তৃতীয় পারমাণবিক শক্তিকেন্দ্রটি কাজ শুরু করেছে। চতুর্থ কেন্দ্রটি গড়ে উঠছে উত্তরপ্রদেশের নারোরাতে। পারমাণবিক শক্তির শান্তিপূর্ণ ব্যবহারের উদ্দেশ্য নিয়ে রাজস্থানের পোখরানে কয়েক বছর আগে ভারত সাফল্যজনকভাবে পারমাণবিক বিস্ফোরণ ঘটাতে সমর্থ হয়েছে।]

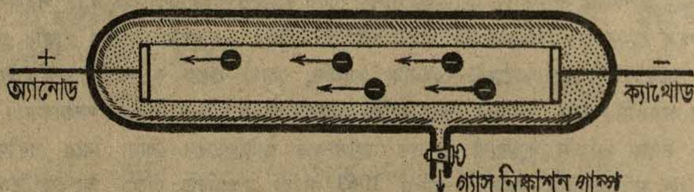
● পরমাণুর গঠন (Structure of the atom)

1.6 সূচনা (Introduction)

পরমাণু সম্পর্কিত বিজ্ঞানভিত্তিক ধারণা প্রথম দেন ডালটন। ডালটন তাঁর পরমাণুবাদে বলেছিলেন যে, পরমাণুই পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা এবং পরমাণু অবিভাজ্য। কিন্তু এর পর পরমাণু নিয়ে প্রচুর গবেষণা হয়েছে। 1896 সালে প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার পরমাণু সম্পর্কে দৃষ্টিভঙ্গি আমূল পাল্টে দেয়—পরমাণু অবিভাজ্য এই ধারণা ভুল বলে প্রমাণিত হয়। X-রশ্মি এবং তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার থেকেই পরমাণু সম্পর্কিত গবেষণার আধুনিক যুগ শুরু হয় বলা যেতে পারে। এর পর টমসন, রাদারফোর্ড, বোর, স্যাডউইক এবং অন্যান্য বিজ্ঞানীর গবেষণা প্রমাণ করেছে যে, পরমাণুই পদার্থের অন্তিমতম কণা নয়। পরমাণু নিজেই ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদি ক্ষুদ্রতর কণা সমবায়ে গঠিত। এই কণাগুলিকে বলা হয় মূল কণা (fundamental particles), পরমাণুতর কণা (sub-atomic particles), বা পরমাণু গঠনের উপাদান কণা (constituent particles of the atom)।

1.7 পরমাণুর কণাগুলি সম্পর্কিত আলোচনা (Discussion about the sub-atomic particles)

ইলেকট্রন (Electron) : সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত মূল কণা হচ্ছে ইলেকট্রন। দুই প্রান্তে দুটি ধাতব তড়িৎদ্বারযুক্ত আবদ্ধ কাচ নলে কোন গ্যাস নিয়ে পাম্পের সাহায্যে অনেকটা গ্যাস বার করে ঐ গ্যাসের চাপ খুবই কমিয়ে দিয়ে (পারদের 0·01 মি.মি. এর সমান চাপে) তড়িৎদ্বার দুটিকে কোন উচ্চ বিভবসম্পন্ন ব্যাটারির পরা এবং অপরা মেরুর সঙ্গে যুক্ত করে গ্যাসের মধ্যে



চিত্র 1.4 : তড়িৎ-ক্ষরণ নলে ক্যাথোড-রশ্মি উৎপাদন।

নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ ঘটালে ক্যাথোড থেকে (খালি চোখে অদৃশ্য) একপ্রকার রশ্মি বেরিয়ে আসে, এদের বলে ক্যাথোড-রশ্মি (চিত্র 1.4)। এই রশ্মিগুলি ক্যাথোডের বিপরীত দিকের কাচের দেওয়ালে যেখানে আঘাত করে সেখান থেকে এক ধরনের সবুজ আভা নির্গত হতে দেখা যায়, যা থেকে ক্যাথোড-রশ্মি নির্গত হবার প্রমাণ মেলে। এই রশ্মিগুলির কয়েকটি ধর্ম নিম্নরূপ :

(1) এরা সরলরেখায় ভ্রমণ করে। এদের পথে অস্বচ্ছ বস্তু রাখলে তার পিছনের দেওয়ালে ঐ বস্তুর সুস্পষ্ট ছায়ার উৎপত্তি থেকে এর প্রমাণ মেলে।

(2) এদের গতিপথে স্থাপিত পিনের চাকায় এরা যান্ত্রিক গতি আরোপিত করে, সুতরাং এরা গতিবেগসম্পন্ন কণা সমবায়ে গঠিত।

(3) কোন গ্যাসের মধ্য দিয়ে যাবার সময় এরা গ্যাসটিকে আয়নিত করে।

(4) বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা এই রশ্মিগুলি এদের পথ থেকে বিচ্যুত হয়, রশ্মিগুলি এমন দিকে বেঁকে যায় যা থেকে বোঝা যায় যে, এই রশ্মিগুলি কতকগুলি অপরা চার্জবাহী কণা সমবায়ে গঠিত।

ক্যাথোড রশ্মির বিভিন্ন ধর্ম পর্যালোচনা করে এই সিদ্ধান্তেই উপনীত হতে হয় যে, এই রশ্মিগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অপরা চার্জযুক্ত কণা দ্বারা গঠিত। এই কণাগুলিকে বলে ইলেকট্রন—নামটি দেন বিজ্ঞানী স্টোনি (G. J. Stoney)। জানা ক্ষেত্রশক্তির বৈদ্যুতিক এবং চৌম্বকক্ষেত্রে ক্যাথোড-রশ্মির বিচ্যুতি লক্ষ্য করে 1897 সালে স্যার জে. জে. টমসন (J. J. Thompson) এই কণাগুলির গতিবেগ এবং চার্জ ও ভরের অনুপাত (চার্জ/ভর) নির্ণয়ে সমর্থ হন। ক্যাথোড যে কোন ধাতু দ্বারাই নির্মিত হোক-না-কেন এবং তড়িৎ-ক্ষরণ নলে যে গ্যাসই ব্যবহৃত হোক-না-কেন, দেখা যায় ক্যাথোড রশ্মিগুলি যে কণাগুলি দ্বারা গঠিত তাদের চার্জ/ভর অনুপাতটি সবক্ষেত্রেই একই, অর্থাৎ বিভিন্ন ধাতব ক্যাথোড থেকে প্রাপ্ত কণাগুলি একই। প্রতিটি কণার চার্জ এবং ভরের অনুপাত $1{\cdot}758\times10^{8}$ কুলম্ব/গ্রাম এবং চার্জ $-1{\cdot}6\times10^{-19}$ কুলম্ব বা $-4{\cdot}8\times10^{-10}$ স্থির তাড়িতিক একক (e. s. u.) (ইলেকট্রনের চার্জ নির্ণয় করেন মিলিকান)। সুতরাং ইলেকট্রনের ভর $= 9{\cdot}11\times10^{-28}$ গ্রাম, এই ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{1837}$ ভাগ।

ইলেকট্রনের ব্যাসার্ধের মান নির্ণীত হয়েছে মোটামুটিভাবে 2×10^{-13} সেমি.

($m = \frac{2}{3}\frac{e^2}{rc^2}$ এই সূত্রের সাহায্যে, m = ইলেকট্রনের ভর, e = চার্জ, r = ব্যাসার্ধ এবং c = আলোর গতিবেগ)।

অতিতপ্ত অবস্থায় অনেক ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়, X-রশ্মি বা অতি বেগুনী রশ্মির আঘাতেও ধাতব পরমাণু থেকে ইলেকট্রন বেরিয়ে আসে, তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে β-কণা হিসাবে ইলেকট্রন নির্গত হয়, অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়াতেও পরমাণু থেকে ইলেকট্রন নির্গমনের প্রমাণ মেলে। সুতরাং **ইলেকট্রন পরমাণু গঠনের একটি সাধারণ উপাদান।**

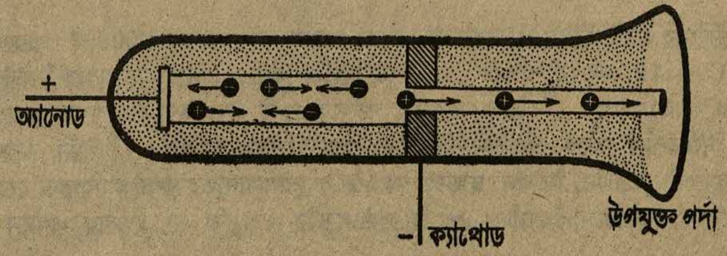
ইলেকট্রনের দ্বৈত প্রকৃতি (Dual characteristics of the electron) : এ পর্যন্ত ইলেকট্রনের যেসব ধর্ম প্রসঙ্গে আলোচনা করা হয়েছে, তাতে ইলেকট্রনের কণা রূপে ব্যবহারই প্রমাণিত হয়েছে। কিন্তু ইলেকট্রনের তরঙ্গধর্মিতারও প্রমাণ মেলে—এ সম্পর্কে ডি. ব্রগলি (De Broglie), ডেভিসন (Devisson), স্রোডিঙ্গার (Schroedinger) প্রমুখ বিজ্ঞানীগণের উল্লেখযোগ্য গবেষণা রয়েছে। এইসব বিজ্ঞানীদের মতে ইলেকট্রনের আচরণ তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গের (Electro-magnetic waves) ন্যায়। বিষয়টি যদিও কিছুটা জটিল এবং উচ্চতর শ্রেণীতে পঠিত হওয়াই বাঞ্ছনীয়, তবুও এটুকু অন্তত জেনে রাখা প্রয়োজন যে, ইলেকট্রনের কণা এবং তরঙ্গ—এই দ্বৈত সত্বাই (dual characteristics) বর্তমান। বিষয়টি সহজ করে বোঝার চেষ্টা করা যেতে পারে এইভাবে—একটি ছোট্ট ঢিল স্থির জলে নিক্ষেপ করলে জলে তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। ঐ তরঙ্গ—কণাধর্মী ঢিলের সঙ্গে সম্পর্কিত বলা যায়—তেমনি কণাধর্মী ইলেকট্রনের সঙ্গে সম্পর্কিত নির্দিষ্ট তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তরঙ্গ থাকতে পারে :

ডি. ব্রগলির মতে কণাধর্মী পদার্থের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য (λ) এই সমীকরণ থেকে পাওয়া যেতে পারে।

$\lambda = \frac{h}{mv}$ (h = প্লাঙ্কের ধ্রুবক, m = কণার ভর, v = কণার গতিবেগ)

ইলেকট্রনের ক্ষেত্রেও তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য এভাবে নির্ণীত হতে পারে।]

প্রোটন (Proton) : পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ। কাজেই পরমাণুর মধ্যে যেহেতু অপরা চার্জবাহী কণা ইলেকট্রন বর্তমান, সুতরাং এর মধ্যে পরা চার্জবাহী কণাও নিশ্চয়ই থাকবে। তড়িৎ-ক্ষরণ নলে ক্যাথোড-রশ্মি পরীক্ষা কালে যদি চাকতির ন্যায় ধাতব ক্যাথোড ব্যবহৃত



চিত্র 1.5 : পজিটিভ রশ্মি উৎপাদন সম্পর্কিত পরীক্ষা।

হয় এবং ঐ ক্যাথোডে ছিদ্র করে দেওয়া যায়, তবে ঐ ছিদ্র দিয়ে ক্যাথোড রশ্মির বিপরীতমুখী এক ধরনের রশ্মি বেরিয়ে আসে, (1886 সালে গোল্ডস্টাইনের পরীক্ষা) [চিত্র 1.5]। এই রশ্মিকে বলা হয় পজিটিভ রশ্মি বা অ্যানোড রশ্মি। বৈদ্যুতিক ও চৌম্বক ক্ষেত্রে এই রশ্মি

ক্যাথোড রশ্মির বিপরীত দিকে বেঁকে যায়। এর থেকে বোঝা যায় যে, এই রশ্মিগুলি পরা চার্জবাহী কণা সমবায়ে গঠিত। এক্ষেত্রে পরা চার্জবাহী কণার চার্জ/ভর অনুপাত নির্ণয় করলে দেখা যায় যে, তড়িৎ-ক্ষরণ নলে ব্যবহৃত গ্যাস বিভিন্ন হলে ঐ অনুপাতও বিভিন্ন হয়। তবে সবক্ষেত্রেই পরা চার্জবাহী কণার ভর ইলেকট্রনের ভর অপেক্ষা অনেক গুণ বেশী। সবচেয়ে হালকা পরা-চার্জবাহী কণা উৎপন্ন হয় যখন তড়িৎ-ক্ষরণ নলে হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়—এক্ষেত্রে পজিটিভ রশ্মি যে কণাগুলি দ্বারা গঠিত হয়, তাদের প্রতিটির ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের প্রায় সমান এবং চার্জের পরিমাণ ইলেকট্রনের চার্জের সমান, কিন্তু এক্ষেত্রে চার্জ পরাধর্মী। এর থেকে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, **এই কণা একটি ইলেকট্রন-হারা গ্যাসীয় হাইড্রোজেন পরমাণু**। 1920 সালে রাদারফোর্ড এই কণার নাম দেন **প্রোটন** (গ্রীক শব্দ Protos থেকে, যার অর্থ প্রথম)।

প্রতিটি প্রোটনের ভর $1{\cdot}6725 \times 10^{-24}$ গ্রাম, ইলেকট্রনের ভরের প্রায় 1836 গুণ, চার্জ $+1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব। প্রোটনের ব্যাসার্ধ $1{\cdot}2 \times 10^{-13}$ সেমি.। মৌলসমূহের পারমাণবিক ভর প্রায় ক্ষেত্রেই প্রোটনের ভরের গুণিতক, নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় অনেক পরমাণুকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কণা (Projectile) দ্বারা আঘাত করে পরমাণু থেকে প্রোটন নির্গত করা গেছে—এসব থেকেই প্রমাণিত হয় যে **প্রোটনও পরমাণু গঠনের একটি সাধারণ উপাদান**।

(প্রোটন এবং ইলেকট্রন-হারা গ্যাসীয় হাইড্রোজেন আয়ন একই, তবে দ্রবণে হাইড্রোজেন যৌগ আয়নিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করলে সেটি এক বা একাধিক দ্রাবক অণুর সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় দ্রাবিত হয়ে থাকে, সেই অবস্থায় প্রোটন এবং দ্রাবিত হাইড্রোজেন আয়ন এক নয়)।

নিউট্রন (Neutron) : 1920 সালে রাদারফোর্ড (E. Rutherford) পরমাণুর মধ্যে এক একক ভরযুক্ত এবং চার্জবিহীন একটি কণার অস্তিত্বের সম্ভাবনা কল্পনা করেন। 12 বছর পর 1932 সালে রাদারফোর্ডেরই প্রাক্তন ছাত্র স্যাডউইক (Chadwick) এই ধরনের কণার অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। [প্রকৃতপক্ষে এর দুবছর পূর্বেই 1930 সালে বুথে (W. Bothe) এবং বেকার (H. Becker) এই কণা আবিষ্কার করেছিলেন, কিন্তু তাঁরা বিষয়টি সম্যকভাবে তখন অনুধাবন করতে পারেন নি। তাঁরা নিউট্রনকে গামা রশ্মি ভেবে ভুল করেছিলেন।] কয়েকটি হালকা মৌল যেমন লিথিয়াম, বেরিলিয়াম, বোরন ইত্যাদির উপর α-কণার আঘাত হানলে তীব্র ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন এক ধরনের রশ্মি নির্গত হয়, যে রশ্মি ঐ ধরনের কণা সমবায়ে গঠিত, এই কণাগুলিকে বলে নিউট্রন :

$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He = ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$ [পরমাণুগুলির প্রতীক চিহ্নের উপর ভর-সংখ্যা, নীচে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক, α-কণা $^{4}_{2}He$ এবং নিউট্রন $^{1}_{0}n$ দ্বারা চিহ্নিত]।

নিউট্রনের ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের প্রায় সমান, এর ভর $1{\cdot}00867$ পারমাণবিক ভর একক [$^{12}C = 12$, এই আপেক্ষিকে], এটি চার্জবিহীন কণা। চার্জ না থাকায় নিউট্রনের বস্তুকে ভেদ করার ক্ষমতা প্রবল। নিউট্রনও পরমাণু গঠনের একটি মূল কণা। কারণ, অনেক নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় নিউক্লিয়াস থেকে নিউট্রন নির্গত করা সম্ভব হয়েছে। নিউট্রন অবশ্য দুস্থিত কণা। (ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ছাড়াও আরও বহু পরমাণুতর কণা আবিষ্কৃত হয়েছে, যেমন পজিট্রন, মেসন, নিউট্রিনো ইত্যাদি। এগুলি পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত না হওয়ায় এখানে আলোচিত হল না)।

ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন এবং অন্য কয়েকটি পরমাণুতর কণার কিছু বৈশিষ্ট্য নীচের সারণীতে দেখানো হল ঃ

কণা	চিহ্ন	ভর	চার্জ বা আধান	পরমাণুতে অবস্থান
ইলেকট্রন, নেগেট্রন বা নেগেটিভ ইলেকট্রন	$e, e^-, {}^{0}_{-1}e$	$9{\cdot}108\times10^{-28}$ গ্রা., $0{\cdot}000548$ পা.ভ.এ.	-1(একক হিসাবে), $-1{\cdot}6\times10^{-19}$ কুলম্ব, $-4{\cdot}803\times10^{-10}$ স্থির তাড়িতিক একক	পরমাণু কেন্দ্রীনের বাইরের অংশে (extranuclear part) নির্দিষ্ট কক্ষপথে।
প্রোটন	$p, {}^{1}_{1}H$	$1{\cdot}672\times10^{-24}$ গ্রা, $1{\cdot}00728$ পা. ভ. এ. (ইলেকট্রনের ভরের 1836 গুণ)	$+1$ (একক হিসাবে) $+1{\cdot}6\times10^{-19}$ কুলম্ব, $+4{\cdot}803\times10^{-10}$ স্থির তাড়িতিক একক	পরমাণুর কেন্দ্রীনে বা নিউক্লিয়াসে।
নিউট্রন	$n, {}^{1}_{0}n$	$1{\cdot}675\times10^{-24}$ গ্রা· 1 00867 পা. ভ. এ, (ইলেকট্রনের ভরের 1839 গুণ)	0	পরমাণুর কেন্দ্রীনে বা নিউক্লিয়াসে
* পজিট্রন (আবিষ্কারের সঙ্গে অ্যান্ডারসন এবং ডিরাকের নাম জড়িত)	$e^+, {}^{0}_{1}e^+$	$9{\cdot}108\times10^{-28}$ গ্রা. $0{\cdot}000548$ পা.ভ.এ.	$+1$	
* π মেসন	π^-, π^+, π^0	ইলেকট্রনের ভরের 273 গুণ	$-1, 0, +1$ (যথাক্রমে)	
* নিউট্রিনো	ν	নগণ্য ভর, ইলেকট্রনের ভর থেকেও কম।	0	
* অ্যান্টিপ্রোটন		$1{\cdot}672\times10^{-24}$ গ্রা. $1{\cdot}00728$ পা. ভ. এ.	-1	

* (এই কণাগুলি পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়।)

প্রশ্ন ঃ 1.44 ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রন—এদের প্রতিটির (a) ভর কত? (b) চার্জ কত? (c) পরমাণুতে এদের অবস্থান কোথায়?

1.45 কিভাবে জানা যায় যে, ইলেকট্রন পরমাণু গঠনের একটি সাধারণ উপাদান? প্রোটন পরমাণু গঠনের একটি সাধারণ উপাদান?

1.46 পরমাণুতর কণা কাদের বলে? পাঁচটি পরমাণুতর কণার নাম কর।

1.47 ইলেকট্রন অপরা চার্জবাহী এবং প্রোটন পরা চার্জবাহী কণা কিভাবে বোঝা যায়?

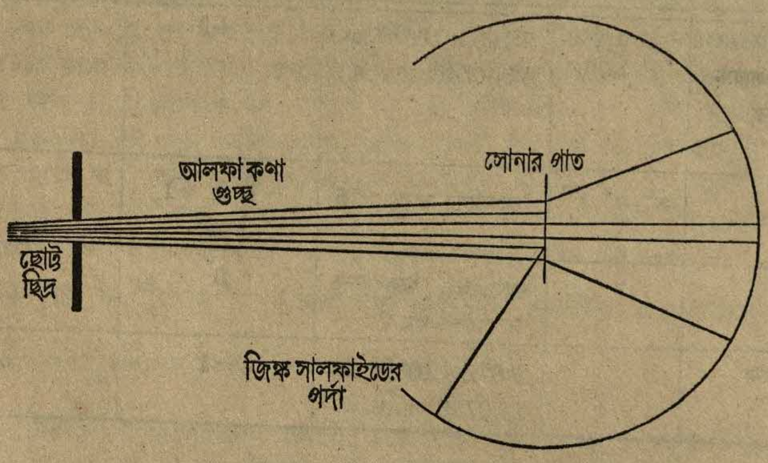
● পরমাণুর গঠন (Structure of the Atom)

পরমাণুর নিউক্লীয় মডেল (Nuclear model of the atom) : 1911 সালে রাদারফোর্ড পরমাণুর যে নিউক্লীয় মডেল দেন, সেটি পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত আধুনিক ধারণার ভিত্তিস্বরূপ। রাদারফোর্ড তাঁর এই নিউক্লীয় মডেল দেন তাঁরই নির্দেশে অনুষ্ঠিত গাইগার এবং মার্সডেনের একটি পরীক্ষার ফল বিশ্লেষণ করে। ঐ পরীক্ষাটি হচ্ছে **পাতলা ধাতব পাত কর্তৃক α-কণা বিচ্ছুরণ** পরীক্ষা (Scattering of α particles by thin metal foils)। পরীক্ষাটি নিম্নরূপ :



চিত্র 1.6 : রাদারফোর্ড (1871—1937)

একটি বায়ুশূন্য আবদ্ধ নলে খুব পাতলা সোনার পাত (0·0004 মি. মি. পুরু) নিয়ে ঐ পাতের উপর কোন তেজস্ক্রিয় মৌল (যেমন পোলোনিয়াম) থেকে উৎসারিত তীব্রগতিসম্পন্ন α-কণার আঘাত হানা হয় (চিত্র 1.7)। ধাতব পাতের পেছনদিকে একটি জিঙ্ক সালফাইডের পর্দা রাখা হয়। ঐ পর্দার উপর α-কণা আঘাত করলে আহত বিন্দু থেকে উজ্জ্বল আলোর ঝলকানি (scintillation) দেখে α-কণা সনাক্ত করা হয়। পরীক্ষায় দেখা যায় যে, অধিকাংশ α-কণা ধাতব পাত ভেদ করে সোজা বেরিয়ে গিয়ে ZnS-এর পর্দায় আঘাত করে। খুব সামান্য কয়েকটি α-কণা (প্রায় আট হাজারে একটি) কেবলমাত্র ধাতব পাতে আঘাত করে 90° বা তারও বেশী কোণে বিচ্যুত হয়ে ফিরে আসে।



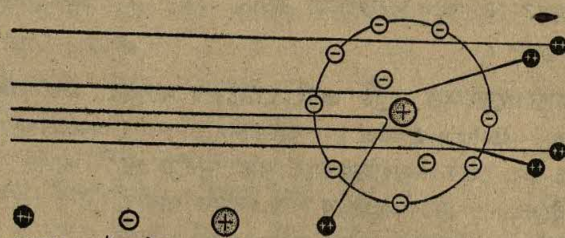
চিত্র 1.7 : পাতলা ধাতব পাত কর্তৃক আলফা-কণা বিচ্ছুরণ।

এর থেকে রাদারফোর্ড এই সিদ্ধান্তে পৌঁছান যে,

(1) যেহেতু ধাতব পাত ধাতব পরমাণু সমবায়ে গঠিত এবং অধিকাংশ α-কণা পরমাণুগুলির মধ্য দিয়ে এদের ভেদ করে সোজা বেরিয়ে যায়, সুতরাং পরমাণুর বেশীর ভাগ জায়গাটাই ফাঁকা, তার জন্যই α-কণা বাধা পায় না।

(2) পরমাণুর যে স্থানটি থেকে α-কণা প্রতিহত হয়ে ফিরে আসে, সেখানে নিশ্চয়ই পরা চার্জ বর্তমান (চিত্র-1.8) এবং ঐ স্থানটিতে পরমাণুর প্রায় সমগ্র ভরই কেন্দ্রীভূত, কারণ α-কণা পরা চার্জবাহী এবং পরা চার্জই পরা চার্জকে বিকর্ষণ করে এবং ভারী α-কণাকে প্রত্যাঘাত দ্বারা

ফিরিয়ে দিতে হলে ভারী বস্তুকণার প্রয়োজন। (এখানে উল্লেখ্য যে, হালকা ইলেকট্রনের পক্ষে ভারী α-কণাকে তার গতিপথ থেকে খুব বেশী পরিমাণে বিচ্যুত করা সম্ভবপর নয়। বিচ্যুতি ঘটলেও পরিমাণ সামান্য। আর α-কণার পথে ইলেকট্রন পড়লে, ভারী α-কণা ইলেকট্রনকে ধাক্কা মেরে এমনকি পরমাণু থেকে বের করেও দিতে পারে, যার ফলে পরমাণু আয়নিত হতে পারে)।



চিত্র : 1.8

এই সিদ্ধান্তগুলির ভিত্তিতে রাদারফোর্ড পরমাণুর যে নিউক্লীয় মডেল আঁকেন সেটি নিম্নরূপ :

(1) প্রতিটি পরমাণুর কেন্দ্রে একটি পরা চার্জবাহী নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রীন বর্তমান।

(2) নিউক্লিয়াসের আকার সমগ্র পরমাণুর আকারের তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র। (পরমাণুর ব্যাসার্ধ যেখানে 10^{-8} সেমি.-এর মত, নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ সেখানে 10^{-13} থেকে 10^{-12} সেমি.-এর মত।) নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনের আকার প্রায় সমান।

(3) পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভরই নিউক্লিয়াসে কেন্দ্রীভূত এবং পরমাণুর বেশীর ভাগ জায়গাই ফাঁকা।

(4) পরমাণুর নিউক্লিয়াসের বাইরের অংশে বিভিন্ন সুনির্দিষ্ট বৃত্তাকার কক্ষপথে ইলেকট্রন-সমূহ ঘুরে বেড়ায়।

(5) নিউক্লিয়াসের ভেতরের অংশ কেন্দ্রীয় অংশ (Nuclear part) এবং এর বাইরের অংশ কেন্দ্রবহিঃস্থ অংশ (Extra-nuclear part)। পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ হওয়ায় নিউক্লিয়াসের পরা চার্জের একক সংখ্যা এবং কেন্দ্রবহিঃস্থ ইলেকট্রন সংখ্যা সমান।

রাদারফোর্ডের দেওয়া পরমাণুর নিউক্লীয় মডেল এবং সৌর জগতের চিত্র : রাদারফোর্ডের আঁকা পরমাণুর এই চিত্র অনেকটা সৌর জগতের চিত্রের ন্যায় সৌর জগতে সূর্যকে কেন্দ্র করে বিভিন্ন গ্রহ তাদের সুনির্দিষ্ট কক্ষপথে ঘুরছে, সূর্য এবং গ্রহগুলিকে একসঙ্গে ধরে রেখেছে সূর্যের মাধ্যাকর্ষণ শক্তি। পরমাণুরাজ্যে নিউক্লিয়াসকে (বা কেন্দ্রীনকে) কেন্দ্র করে ঘুরছে ইলেকট্রনগুলি সুনির্দিষ্ট কক্ষপথে এবং নিউক্লিয়াস ও ইলেকট্রনগুলিকে একসঙ্গে বেঁধেছে একটি **স্থির তাড়িতিক আকর্ষণী শক্তি**। অপরা চার্জবাহী ইলেকট্রন পরা চার্জবাহী নিউক্লিয়াসে কেন পতিত হয় না এ সম্পর্কে রাদারফোর্ডের ব্যাখ্যা হল—ইলেকট্রনগুলি তীব্রগতিতে ঘুরবার ফলে যে বহিঃকেন্দ্রীয় বল (centrifugal force) উৎপন্ন হয় সেটি নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনগুলির মধ্যেকার স্থির তাড়িতিক আকর্ষণী শক্তির সমান।

প্রশ্ন : 1.48 অতি পাতলা সোনার পাতকে α-কণা দ্বারা আঘাত করলে (i) অধিকাংশ α-কণা নিজের পথ থেকে বিচ্যুত না হয়ে সোজা বেরিয়ে যায় কেন ? (ii) কয়েকটি α-কণা তাদের পথ থেকে সামান্য বিচ্যুত হয় কেন ? (iii) প্রায় 8000 কণার মধ্যে একটি α-কণা 90° বা তার চেয়ে বেশী কোণে বিচ্যুত হয় কেন ?

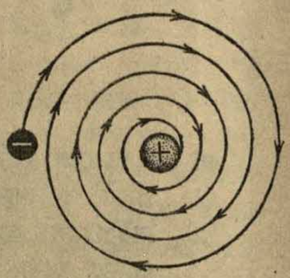
1.49 পরমাণুতে মূলত কয়টি অংশ ? কি কি ?

1.50 পরমাণুতে নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনগুলিকে একসঙ্গে ধরে রেখেছে কোন্ শক্তি ? সৌর জগতে সূর্য এবং গ্রহগুলিকে একত্রে ধরে রেখেছে কোন্ শক্তি ?

1.51 অপরা চার্জবাহী ইলেকট্রন পরা চার্জবাহী কেন্দ্রীনে যে পড়ে যায় না, সে সম্পর্কে রাদারফোর্ডের ব্যাখ্যা কি ?

1.52 পরমাণুর ব্যাসার্ধ ও নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ কত ? এর থেকে পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে কি ধারণা হয় ?

রাদারফোর্ড-মডেলের ত্রুটি এবং বোরের মডেল (Defects of Rutherford's model of atom ; Bohr's model) : তাড়িত-গতিবিদ্যা (electrodynamics) অনুযায়ী গতিশীল চার্জযুক্ত কণা থেকে নিরবচ্ছিন্নভাবে শক্তি নির্গত হয়। সুতরাং নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন নিরবচ্ছিন্নভাবে শক্তি হারাতে থাকবে, তার ফলে ইলেকট্রনের গতিবেগ ধীরে ধীরে কমে আসতে থাকবে, তাহলে ইলেকট্রনের কক্ষপথের ব্যাসার্ধ ধীরে ধীরে কমে আসতে থাকবে এবং পরিণামে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসে পতিত হবে (চিত্র 1.9), অর্থাৎ সেক্ষেত্রে পরমাণুটি ভঙ্গুর এবং দুঃস্থিত হয়ে পড়বে। কাজেই রাদারফোর্ডের মডেল পরমাণুর স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করতে অপারগ।



চিত্র : 1.9

[তাছাড়া ইলেকট্রন নিরবচ্ছিন্নভাবে শক্তি নির্গত করতে থাকলে পারমাণবিক বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন পট বর্ণালী (continuous band spectrum) রূপে দৃশ্যমান হওয়া উচিত। প্রকৃতপক্ষে কিন্তু বিভিন্ন পরমাণুর বর্ণালী পরীক্ষা করে দেখা যায়, পারমাণবিক বর্ণালী বিচ্ছিন্ন রৈখিক বর্ণালী (discontinuous line spectrum) রূপে দৃশ্যমান হয় (যেমন, পটাসিয়ামের ক্ষেত্রে এর বর্ণালীতে তিনটি বিচ্ছিন্ন রেখা—একটি বেগুনী এবং অপর দুটি রক্তিম, দৃশ্যমান হয়)। এই ঘটনা রাদারফোর্ডের দেওয়া পরমাণুর মডেলের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ নয়]। (পারমাণবিক বর্ণালী সম্পর্কে বিস্তৃততর আলোচনা এই অধ্যায়ের শেষে করা হল।)



চিত্র 1.10 : নীলস্ বোর (1885—1962)।

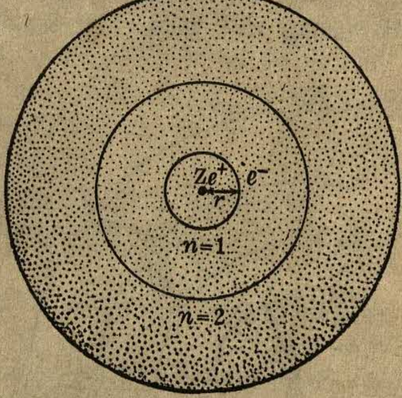
এই ত্রুটি সংশোধনে এগিয়ে এলেন নীলস্ বোর (Niels Bohr)। বোর পরমাণু সম্পর্কে রাদারফোর্ডের মূল চিত্রটি (অর্থাৎ নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে সুনির্দিষ্ট ব্যাসার্ধযুক্ত বিভিন্ন বৃত্তাকার কক্ষপথে ইলেকট্রন ঘুরছে—এই চিত্র) গ্রহণ করলেন, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে তিনি বললেন :

(1) কোন ইলেকট্রন নিজের খেয়ালখুশি মত যে কোন ব্যাসার্ধের কক্ষপথেই বিচরণ করতে পারে না। কেবলমাত্র কতকগুলি নির্বাচিত নির্দিষ্ট ব্যাসার্ধের কক্ষপথে ইলেকট্রন আবর্তিত হতে পারে (ঐ কক্ষপথগুলি নির্বাচিত হয় কোয়াণ্টাম বলবিদ্যা অনুসারে)। কেবলমাত্র সেইসব কক্ষপথেই ইলেকট্রন ঘুরে বেড়াতে পারে যাদের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ (angular momentum) $\frac{h}{2\pi}$ এই রাশিটির পূর্ণসংখ্যার গুণিতক। অর্থাৎ ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ $mvr = n.\frac{h}{2\pi}$ [m = ইলেকট্রনের ভর, v = বৃত্তাকার কক্ষপথে ইলেকট্রনের

সরলরৈখিক গতিবেগ (linear velocity) এবং r = ইলেকট্রনীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ], n-কে বলা হয় **প্রধান কোয়াণ্টাম সংখ্যা** (Principal quantum number) এবং এর মান 1 থেকে শুরু করে অসীম (infinity) পর্যন্ত বিভিন্ন পূর্ণসংখ্যা হতে পারে, অর্থাৎ n-এর মান হতে পারে 1, 2, 3, 4,...... ∞ পর্যন্ত।

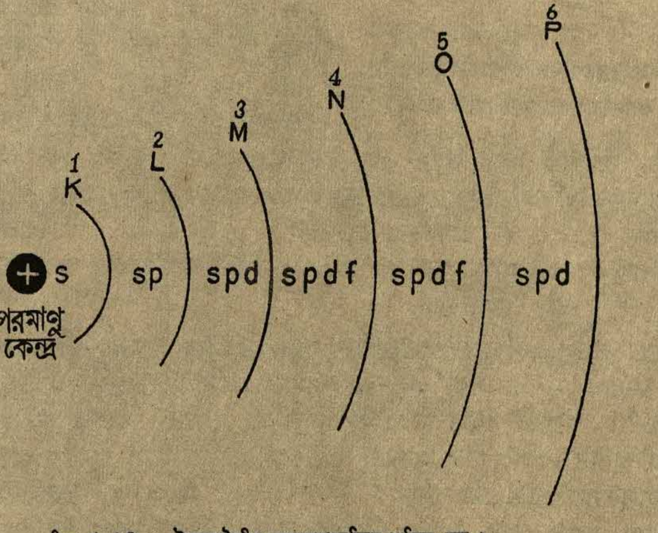
h একটি নিত্যসংখ্যা—একে বলে প্লাংকের নিত্যসংখ্যা (Planck's constant), এর মান $6{\cdot}626 \times 10^{-27}$ আর্গ সেকেন্ড।

n-এর মান ইলেকট্রন কক্ষের শক্তিস্তর এবং ক্রমিক সংখ্যা নির্দেশ করে, n-এর মান যত কম হবে ইলেকট্রন কক্ষপথ পরমাণু-কেন্দ্রীনের তত নিকটবর্তী হবে এবং ইলেকট্রনের শক্তিস্তর তত নিম্নতর অবস্থায় থাকবে। n-এর মান 1 হলে ইলেকট্রন কেন্দ্রীনের সবচেয়ে নিকটতম কক্ষপথে এবং নিম্নতম শক্তির অবস্থায় বর্তমান রয়েছে বোঝা যাবে। পরমাণু কেন্দ্রীনের সবচেয়ে নিকটতম কক্ষপথ প্রথম কক্ষ বা K shell রূপে পরিচিত। এর থেকে উচ্চতর শক্তির কক্ষপথ ক্রমান্বয়ে দ্বিতীয় কক্ষ বা L shell, তৃতীয় কক্ষ বা M shell, চতুর্থ কক্ষ বা N shell, পঞ্চম কক্ষ বা O shell ইত্যাদি রূপে অভিহিত হয়) (চিত্র 1.12)।



চিত্র 1.11 : এক ইলেকট্রন-বিশিষ্ট পরমাণু সিস্টেম সম্পর্কিত বোরের চিত্র।

ঐ নির্বাচিত কক্ষপথে থাকাকালীন ইলেকট্রন শক্তি বর্জনও করে না, শোষণও করে না। নির্বাচিত কক্ষপথগুলিকে **স্থির কক্ষপথসমূহ** (Stationary orbits) বা **স্থির অবস্থাও** (Stationary states) বলা হয়—ইলেকট্রনগুলি যে স্থির অবস্থায় থাকে তা নয়, তবে কক্ষপথগুলিতে থাকাকালীন ইলেকট্রনের শক্তি স্থির থাকে।

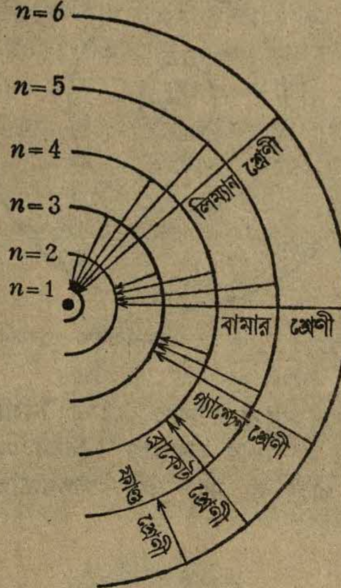


চিত্র 1.12 : ইলেকট্রনীয় কক্ষপথগুলির শক্তির ক্রম।

(2) নির্দিষ্ট উচ্চতর শক্তির স্থির কক্ষপথ বা স্তর থেকে নিম্নতর শক্তির স্থির কক্ষপথ বা স্তরে ইলেকট্রন অবতরণ করলে নির্দিষ্ট তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট আলোক-রশ্মিরূপে শক্তি নির্গত হয়। (অপরপক্ষে, নিম্নতর শক্তির স্তর থেকে উচ্চতর শক্তির স্তরে ইলেকট্রন আরোহণ করলে শক্তি শোষিত

হয়) যে আলোক-রশ্মি নির্গত হয় তার কম্পাঙ্ক (frequency) যদি ν হয়, তবে, $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$, যেখানে E_2 এবং E_1 যথাক্রমে উচ্চতর শক্তির ও নিম্নতর শক্তির স্থির কক্ষপথের শক্তি। [নিউক্লিয়াসের নিকটতর স্তর নিম্নতর শক্তির স্তর, অপেক্ষাকৃত দূরের স্তর উচ্চতর শক্তির স্তর] এই বিবৃতিগুলি বোরের স্বীকার্যসমূহ বলে পরিচিত।

বোরের মডেল পরমাণুর স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করতে পারে এবং এক ইলেকট্রন-বিশিষ্ট সিস্টেম যেমন H পরমাণু, He^+ আয়ন, Li^{2+} আয়ন ইত্যাদির বর্ণালীরও ব্যাখ্যা দিতে পারে। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীতে বর্ণালী-রেখাগুচ্ছের পাঁচটি শ্রেণী দেখা যায়, যাদের আবিষ্কারকদের নাম অনুসারে নামকরণ করা হয়েছে লিম্যান শ্রেণী (Lyman series), বামার শ্রেণী (Balmer series), প্যাশ্চেন শ্রেণী (Paschen series), ব্রাকেট শ্রেণী (Brackett series) এবং ফান্ড শ্রেণী (Pfund series) (চিত্র 1.13)।



চিত্র 1.13 : হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীতে বর্ণালী-রেখাগুচ্ছের পাঁচটি শ্রেণী।

হাইড্রোজেন পরমাণু সম্পর্কিত বোরের মডেল থেকে এই বর্ণালী রেখাগুচ্ছের উৎস সম্পর্কে ব্যাখ্যা খুঁজে পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পরমাণুতে যে একটি ইলেকট্রন বর্তমান সেটি কেন্দ্রীনের নিকটতম কক্ষপথে আবর্তিত হলে (অর্থাৎ যখন $n = 1$) এটি নিম্নতম শক্তির অবস্থায় থাকে। বিভিন্ন শর্তে ইলেকট্রনটি উত্তেজিত (excited) হলে এটি উচ্চতর শক্তির যে কোন কক্ষপথে (অর্থাৎ, $n = 2, 3, 4, 5, \cdots \infty$) চলে যেতে পারে (কোন্ স্তরে যাবে সেটি নির্ভর করবে উত্তেজক কারক যে পরিমাণ শক্তি সরবরাহ করবে তার উপর), স্বাভাবিক অবস্থায় আবার ইলেকট্রন বিভিন্ন উচ্চতর শক্তির কক্ষপথ থেকে নিম্নতম শক্তির কক্ষপথে ফিরে আসে এবং উচ্চতর কক্ষপথের শক্তি এবং নিম্নতম কক্ষপথের শক্তির পার্থক্য অনুযায়ী বিকিরণ রশ্মিরূপে শক্তি নির্গত হবে, যে রেখাগুচ্ছ এক্ষেত্রে বর্ণালীতে দেখা যায়, সেটিই লিম্যান শ্রেণী। অনুরূপভাবে, ইলেকট্রন $n = 3, 4, 5, \cdots \infty$ বিশিষ্ট কক্ষপথ থেকে $n = 2$ বিশিষ্ট কক্ষপথে পতিত হলে বামার শ্রেণীর বর্ণালী গুচ্ছ পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে, অন্য তিনটি শ্রেণী বর্ণালীগুচ্ছ পাওয়া যায়।

বোরের মডেল থেকে বোর হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে নিম্নতম শক্তির অবস্থায় ইলেকট্রনের কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয়ে সমর্থ হন—এই ব্যাসার্ধের মান নির্ণীত হয় $0{\cdot}529 \times 10^{-8}$ সে.মি. বা $0{\cdot}529 A^0$। পরবর্তী কালে বিভিন্ন পদ্ধতিতে এই ব্যাসার্ধ নির্ণীত হয়েছে এবং দেখা গেছে বোরের নির্ণীত ঐ ব্যাসার্ধের মান অন্যান্য পদ্ধতিতে নির্ণীত মানের খুবই কাছাকাছি। এ থেকেও বোরের মডেলের সার্থকতার প্রমাণ মেলে। কিন্তু বোরের মডেল বহু ইলেকট্রনবিশিষ্ট সিস্টেমের বর্ণালী ব্যাখ্যা করতে পারে না। এছাড়াও বোরের মডেলের আরও বহুতর ত্রুটি আছে, যেমন হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি (Heisenburg's uncertainty principle) অনুযায়ী ইলেকট্রনের ন্যায় অতি ক্ষুদ্র কণিকার অবস্থান এবং গতিবেগ (বা ভরবেগ) সম্পর্কে একই সঙ্গে নির্ভুলভাবে বলা সম্ভবপর নয়, কিন্তু বোরের মডেলে তাই বলা হয়েছে। বোরের মডেল সামান্য

পরিবর্তিত করেন সোমারফিল্ড। তাঁর মতে ইলেকট্রনীয় কক্ষপথ সবক্ষেত্রেই বৃত্তাকার না হয়ে অনেকক্ষেত্রে ডিম্বাকৃতি (elliptical)-ও হতে পারে।

প্রশ্ন : 1.53 রাদারফোর্ডের পরমাণুর মডেল অনুযায়ী, (i) পরমাণু দুস্থিত হবে কেন ? (ii) পারমাণবিক বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন হওয়া উচিত কেন ?

1.54 বোরের মতে কোন্ কক্ষপথগুলিতে ইলেকট্রন ঘুরতে পারবে ?

1.55 বোরের পরমাণুর মডেল অনুযায়ী, (i) ইলেকট্রন কখন শক্তি নির্গত করে ? (ii) ইলেকট্রন কখন শক্তি শোষণ করে ?

1.56 প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান থেকে কি জানা যায় ? একটি পরমাণুতে দুটি ইলেকট্রনীয় কক্ষের একটির n-এর মান 4 এবং অপরটির n-এর মান 1। কোন্ ইলেকট্রনীয় কক্ষটি (i) কেন্দ্রীনের বেশী নিকটবর্তী (ii) উচ্চতর শক্তিস্তরের ?

1.57 নিচের বিবৃতি দুটির কোন্‌টি সত্য এবং কোন্‌টি মিথ্যা ?

(a) বোরের পারমাণবিক মডেল হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীর ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ।

(b) বোরের পারমাণবিক মডেল পরমাণুতে বহু ইলেকট্রন বর্তমান এমন মৌলের পারমাণবিক বর্ণালীর ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ।

1.58 হাইড্রোজেন পরমাণুতে মাত্র 1টি ইলেকট্রন বর্তমান। তবুও কিন্তু এর পারমাণবিক বর্ণালীতে 5টি রৈখিক শ্রেণী দৃষ্ট হয়। এর কারণ কি ?

1.59 ইলেকট্রনের স্থির অবস্থার কক্ষপথে (stationary orbits) থাকাকালীন ইলেকট্রন কি থেমেই থাকে ?

1.60 একটি পরমাণুর দুটি ইলেকট্রনীয় কক্ষের একটির n-এর মান 1 এবং অপরটির 2। (i) এই দুটি কক্ষের মাঝে কি ইলেকট্রন থাকতে পারে ? (ii) এই দুটি কক্ষে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগের মান কত ? (iii) যে কোন পরিমাণ শক্তি শোষণ করেই কি ইলেকট্রন 1নং কক্ষ থেকে 2নং কক্ষে যেতে পারে ? উত্তরণ না হলে কি পরিমাণ শক্তি শোষণ করলে ইলেকট্রনের এই উত্তরণ ঘটে ? (iv) কোন ইলেকট্রনের উচ্চতর শক্তির কক্ষপথে থাকাকালীন যে কোন পরিমাণ শক্তি নির্গত করেই কি নিম্নতর শক্তির কক্ষপথে নেমে আসতে পারে ?

পরমাণু-ক্রমাঙ্ক (Atomic number) : পূর্বেই আলোচিত হয়েছে যে, পরমাণুর কেন্দ্রীন বা নিউক্লিয়াসটি পরা চার্জবাহী। পরীক্ষার সাহায্যে এই চার্জের পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভবপর হয়েছে। আবার নিউক্লিয়াস প্রোটন এবং নিউট্রন সমবায়ে গঠিত। প্রতিটি প্রোটন এক একক পরা চার্জবাহী এবং নিউট্রন তড়িৎ-নিরপেক্ষ কণা। সুতরাং নিউক্লিয়াসের পরা চার্জের একক সংখ্যা নিউক্লিয়াসে বর্তমান প্রোটন সংখ্যার সমান এবং এই সংখ্যা কেন্দ্রবহিঃস্থ ইলেকট্রন সংখ্যারও সমান, কারণ পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ, কাজেই এর মধ্যেকার প্রোটন এবং ইলেকট্রন সংখ্যা সমান।

কোন মৌলের পরমাণু কেন্দ্রীন বা নিউক্লিয়াসে যত একক পরা চার্জ বর্তমান, সেই সংখ্যাকে ঐ মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক (Atomic number) বলে। এই সংখ্যা পরমাণু-কেন্দ্রে প্রোটন সংখ্যা বা কেন্দ্র-বহিঃস্থ ইলেকট্রন সংখ্যার সমান। যেমন, কার্বনের পরমাণু-ক্রমাংক 6—এর অর্থ :

(1) কার্বন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে পরা চার্জের একক সংখ্যা 6,

(2) কার্বন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 6টি প্রোটন আছে,

(3) কার্বন পরমাণুতে কেন্দ্র-বহিঃস্থ ইলেকট্রন সংখ্যা = 6.

প্রশ্ন : 1.61 (i) সোডিয়ামের পরমাণু-ক্রমাংক 11—এর অর্থ কি ?

(ii) অক্সিজেন পরমাণুতে 8টি ইলেকট্রন বর্তমান। অক্সিজেনের পরমাণু-ক্রমাংক কত ?

(iii) একটি মৌলের পরমাণু-কেন্দ্রীনে 17টি প্রোটন ও 18টি নিউট্রন বর্তমান। ঐ মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক কত ?

(iv) পরমাণুতে উপস্থিত কোন্ মূল কণার সংখ্যার উপর পরমাণু-ক্রমাংক নির্ভরশীল নয় ?

(v) কার্বনের পরমাণুতে 6টি নিউট্রন আছে, তাই কার্বনের পরমাণু-ক্রমাংক 6—উক্তিটি কি সঠিক ?

(vi) হাইড্রোজেনের ($^{1}_{1}H$) পরমাণুতে নিউট্রন সংখ্যা শূন্য, তাই এর পরমাণু-ক্রমাংকও শূন্য—উক্তিটি কি সঠিক ?

(vii) নীচের বিবৃতিগুলির মধ্যে কোন্‌টি সত্য আর কোন্‌টি মিথ্যা ?

(a) কোন পরমাণুতে উপস্থিত ইলেকট্রনের সংখ্যা জানা থাকলে নিউট্রনের সংখ্যা জানা যায় ;

(b) কোন পরমাণুতে উপস্থিত নিউট্রনের সংখ্যা জানা থাকলে ইলেকট্রনের সংখ্যা জানা যায় ;

(c) কোন পরমাণুতে উপস্থিত প্রোটনের সংখ্যা জানা থাকলে ইলেকট্রনের সংখ্যা জানা যায় ;

(d) কোন পরমাণুতে উপস্থিত প্রোটনের সংখ্যা জানা থাকলে নিউট্রনের সংখ্যা জানা যায় ;

(e) কোন পরমাণুতে উপস্থিত নিউট্রনের সংখ্যা জানা থাকলে প্রোটনের সংখ্যা জানা যায় ;

(f) কোন পরমাণুতে উপস্থিত প্রোটন বা ইলেকট্রন বা নিউট্রনের সংখ্যা জানা থাকলে পরমাণু-ক্রমাংক জানা যায় ।

একটি মৌলের বিভিন্ন ভরযুক্ত পরমাণু থাকতে পারে, কিন্তু যে কোন মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক নির্দিষ্ট এবং একটিই। পরমাণু-ক্রমাংক পরিবর্তিত হলে মৌলটি অন্য মৌলে পরিবর্তিত হয় (যেমনটি ঘটে থাকে তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রে)। মৌলের পরমাণু-ক্রমাংকের উপর এর পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস নির্ভর করে এবং ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গির উপরই মৌলের রাসায়নিক ধর্ম নির্ভরশীল। কাজেই **পরমাণু-ক্রমাংকের উপর মৌলের রাসায়নিক ধর্ম নির্ভর করে।** আবার পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলির অবস্থান এদের পরমাণু-ক্রমাংক অনুযায়ী নির্দিষ্ট। কাজেই মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক জানা থাকলে পর্যায়-সারণীতে মৌলটির অবস্থান জানা যেতে পারে এবং সেক্ষেত্রে মৌলটির অনেক ধর্ম সম্পর্কে গুরুত্বপূর্ণ ধারণা পাওয়া যেতে পারে। সুতরাং মৌলের পরমাণু-ক্রমাংকের গুরুত্ব অসীম এবং এটি পরমাণুর একটি মূল ধর্ম (fundamental property)।

প্রশ্ন : 1.62 পরমাণু-ক্রমাংকের উপর মৌলের ধর্ম কিভাবে নির্ভরশীল ?

1.63 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি ঠিক আর কোন্‌টি ভুল ?

(i) পরমাণু-ক্রমাংকের উপর পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস নির্ভরশীল ;

(ii) যে সব পরমাণুর পরমাণু-ক্রমাংক সমান তাদের নিউট্রন সংখ্যাও সমান ;

(iii) একই মৌলের বিভিন্ন পরমাণু-ক্রমাংক যুক্ত পরমাণু থাকতে পারে ;

(iv) কোন মৌলেরই পরমাণু-ক্রমাংক ও ভর-সংখ্যা একই হতে পারে না ;

(v) মৌলের ধর্ম ভর-সংখ্যার উপর নির্ভর করে না, নির্ভর করে পরমাণু-ক্রমাংকের উপর।

পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস : মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক জানা থাকলে ঐ মৌলের পরমাণুতে কেন্দ্রবহিঃস্থ ইলেকট্রন-সংখ্যা জানা যায়। ঐ ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে বিভিন্ন নির্দিষ্ট কক্ষপথে বিন্যস্ত থাকে। বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রনগুলি কেমনভাবে বিন্যস্ত হবে সেটি স্থির করা হয় **aufbau principle** (**aufbau** জার্মান শব্দ, এর অর্থ **building up**) বা নির্মাণ-নীতি অনুযায়ী। এই নীতি অনুসারে প্রথমে নিম্নতম শক্তির কক্ষ ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হবে। তারপর পরবর্তী উচ্চতর শক্তির কক্ষ পূর্ণ হবে এবং এইভাবেই কক্ষগুলি ক্রমান্বয়ে পূর্ণ হতে থাকবে—এর ফলে পরমাণুটি নিম্নতম শক্তির অবস্থায় (**ground energy state**) থাকতে পারবে এবং সুস্থিত হবে।

এখন, পরমাণু-কেন্দ্রের যত কাছে ইলেকট্রনীয় কক্ষ থাকবে তার শক্তি তত কম হবে। কেন্দ্রের নিকটতম ইলেকট্রনীয় কক্ষপথ প্রথম কক্ষপথ বা K-shell বলে পরিচিত। এর পরের কক্ষপথ দ্বিতীয় কক্ষপথ বা L-shell, তারপর ক্রমান্বয়ে তৃতীয় কক্ষপথ বা M-shell, চতুর্থ বা N কক্ষ, পঞ্চম বা O কক্ষ ইত্যাদি (চিত্র 1.12 দ্রষ্টব্য)। প্রতিটি কক্ষে সর্বোচ্চ সংখ্যক কয়টি ইলেকট্রন থাকতে পারবে তা $2n^2$ এই সূত্র দ্বারা নির্ণয় করা যায়, এখানে n হচ্ছে ইলেকট্রনীয় কক্ষের ক্রমিক সংখ্যা, n আসলে প্রধান কোয়াণ্টাম সংখ্যা। অর্থাৎ প্রথম কক্ষের ক্ষেত্রে $n = 1$, দ্বিতীয় কক্ষের ক্ষেত্রে $n = 2$, তৃতীয় কক্ষের ক্ষেত্রে $n = 3$ ইত্যাদি। তাহলে—

প্রথম কক্ষ বা	K-shell-এ	সর্বোচ্চ	সংখ্যক	ইলেকট্রন	থাকতে	পারে	2.1^2 বা	2.
দ্বিতীয় „ „	L-shell-এ	„	„	„	„	„	2.2^2 বা	8.
তৃতীয় „ „	M-shell-এ	„	„	„	„	„	2.3^2 বা	18.
চতুর্থ „ „	N shell-এ	„	„	„	„	„	2.4^2 বা	32.

অবশ্য যে কোন ইলেকট্রনীয় কক্ষে সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন $2n^2$ হতে পারে—এই ফর্মুলাটির কয়েকটি সীমাবদ্ধতা আছে ; যথা—

(i) n-এর মান 4-এর বেশী হলেও সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন 32-এর বেশী হয় না।

(ii) যে কোন পরমাণুতেই সর্ববহিঃস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে (outermost shell) 8টির বেশী ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

(iii) সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ঠিক আগের কক্ষপথে (penultimate shell) 18টির বেশী ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

আবার প্রতিটি মূল কক্ষে এক বা একাধিক উপকক্ষ (sub-shell) বা অরবাইটাল (orbitals) থাকতে পারে। প্রথম মূল কক্ষ বা K-shell-এ কেবলমাত্র একটি s-অরবাইটাল থাকতে পারে। দ্বিতীয় কক্ষ বা L-shell-এ থাকতে পারে একটি s-অরবাইটাল এবং তিনটি p-অরবাইটাল, M-shell-এ থাকে একটি s, তিনটি p এবং পাঁচটি d অরবাইটাল, N এবং পরবর্তী কক্ষগুলিতে থাকে একটি s, তিনটি p, পাঁচটি d এবং 7টি f অরবাইটাল। প্রতিটি অরবাইটালে 2টির বেশী ইলেকট্রন (যাদের ঘূর্ণন বা spin বিপরীতমুখী হতে হবে) থাকতে পারে না। সুতরাং,

s অরবাইটালে সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন থাকতে পারে 2টি

p অরবাইটালগুলিতে সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন থাকতে পারে 3×2 বা 6টি

d অরবাইটালগুলিতে সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন থাকতে পারে 5×2 বা 10টি

এবং f অরবাইটালগুলিতে সর্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্রন থাকতে পারে 7×2 বা 14টি

প্রথম কক্ষের s অরবাইটালকে বলা হয় 1s অরবাইটাল, দ্বিতীয় কক্ষের s অরবাইটাল 2s অরবাইটাল ইত্যাদি। সেইরূপ দ্বিতীয় কক্ষের p অরবাইটাল 2p অরবাইটাল, তৃতীয় কক্ষের p অরবাইটাল 3p অরবাইটাল ইত্যাদি। একইভাবে 3d, 4d ইত্যাদির অর্থ যথাক্রমে তৃতীয়, চতুর্থ কক্ষের d অরবাইটাল।

প্রশ্ন : 1.64 1p, 2d, 3f এইসব অরবাইটাল থাকতে পারে কি ? O কক্ষে কয়টি s, কয়টি p, কয়টি d এবং কয়টি f অরবাইটাল থাকে ? এদের কিভাবে লেখা যায় ?

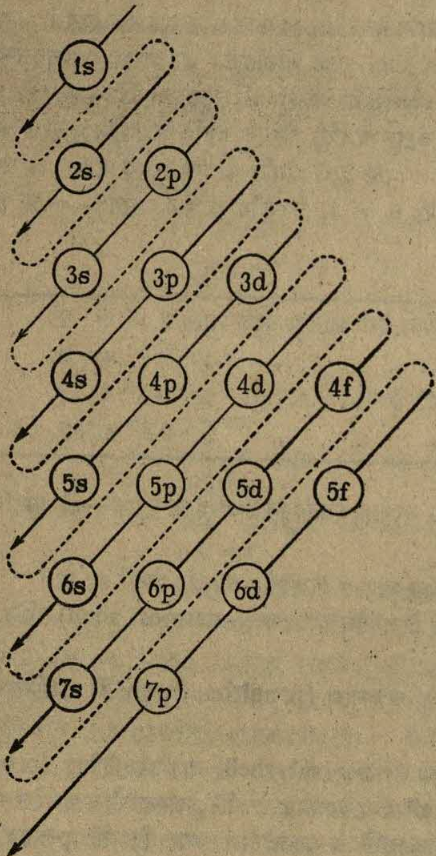
এইসব উপকক্ষ পথ বা অরবাইটালসমূহের বর্ধমান শক্তির ক্রম এইরূপ :

এইদিকে শক্তি বাড়ে ⟶

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s$$

প্রশ্ন 1.64 (a) নীচের অরবাইটালগুলির মধ্যে কোন্‌টির শক্তি বেশী ?

(ক) 3d, 4s ; (খ) 3d, 4p ; (গ) 4f, 5s ; (ঘ) 4f, 6s ; (ঙ) 5p, 4d ; (চ) 5s, 4d.

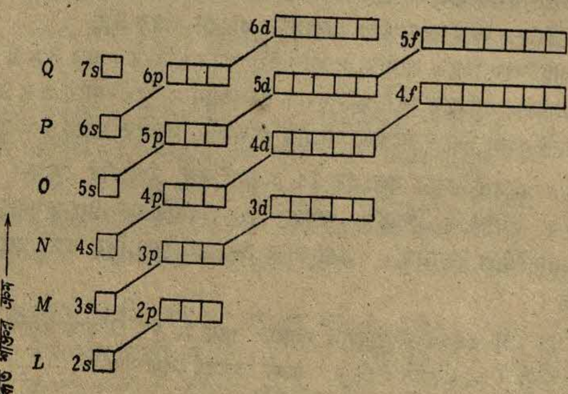


চিত্র 1.14 : ইলেকট্রনীয় অরবাইটালসমূহের বর্ধমান শক্তির ক্রম।

অর্থাৎ, ইলেকট্রন প্রথম প্রবেশ করবে 1s স্তরে। তারপর ক্রমান্বয়ে 2s, 2p, 3s ...... ইত্যাদি স্তরে। চিত্র 1.14 থেকে বিভিন্ন অরবাইটালে ইলেকট্রন প্রবেশের ক্রম মনে রাখা যেতে পারে :

বৃত্তগুলি দ্বারা অরবাইটাল বোঝানো হচ্ছে। **মনে রাখতে হবে** (i) s অরবাইটাল 1টি, p অরবাইটাল 3টি, d অরবাইটাল 5টি এবং f অরবাইটাল 7 টি। অর্থাৎ, 2p অরবাইটাল বললে 3টি 2p অরবাইটাল বোঝাবে (এগুলিতে 6টি ইলেকট্রন ধরবে), 3d অরবাইটাল বললে 5টি 3d অরবাইটাল বোঝাবে (এগুলিতে 10টি ইলেকট্রন ধরবে)। 4f অরবাইটাল সমূহ বললে 7টি 4f অরবাইটাল বোঝাবে।

(ii) একই মূল কক্ষের ক্ষেত্রে, ইলেকট্রন প্রথমে প্রবেশ করবে s উপকক্ষে, তারপর p-তে, তারপর d এবং সবশেষে f উপকক্ষে।



চিত্র 1.14a : ইলেকট্রনীয় অরবাইটালসমূহের বর্ধমান শক্তির ক্রম।
(অন্যতর চিত্র : চৌকো ঘরগুলো দ্বারা অরবাইটাল বোঝানো হয়েছে।)

প্রশ্ন : 1.65 বর্ধমান শক্তির ক্রম অনুযায়ী নীচের অরবাইটালগুলিকে সাজিয়ে দাও :

3d, 4p, 4s, 5p, 4d, 6s, 4f

অরবাইটালগুলির শক্তির এই ক্রম জানা থাকলে যে কোন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস স্থির করা যাবে। যেমন, হাইড্রোজেনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 1, সুতরাং হাইড্রোজেন পরমাণুতে ইলেকট্রন-সংখ্যা 1. এই ইলেকট্রনটি থাকবে 1s অরবাইটালে (কারণ 1s অরবাইটালের শক্তি নিম্নতম) অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে $1s^1$. হিলিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2, তাহলে হিলিয়াম পরমাণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা 2. সুতরাং এর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে $1s^2$. কারণ 1s অরবাইটালে 2টি ইলেকট্রন ধরে এবং এটি পূর্ণ হয়ে গেলেই কেবলমাত্র পরবর্তী 2s স্তর ভর্তি হতে শুরু হবে।

ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লিখবার নিয়ম : (1) প্রথমে মূল কক্ষের ক্রমিকসংখ্যা (বা প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান) লিখতে হবে। (2) তারপর ইলেকট্রন যে অরবাইটালে আছে সেটির চিহ্ন দিয়ে বোঝাতে হবে। (3) এর পর অরবাইটালের চিহ্নের ডানদিকে মাথার উপরে ইলেকট্রন-সংখ্যা লিখতে হবে।

হাইড্রোজেনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^1$ লিখলে বোঝা যাবে—(1) হাইড্রোজেন পরমাণুতে 1টি ইলেকট্রন আছে, (2) ইলেকট্রনটি আছে 1s অরবাইটালে। লিথিয়ামের (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 3) ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে $1s^2\ 2s^1$, কারণ 1s-এ 2টি ইলেকট্রন ধরবে, তৃতীয় ইলেকট্রনটি 2s অরবাইটালে যাবে, যেহেতু এটিই পরবর্তী উচ্চতর শক্তির স্তর। এইভাবে, আরগনের (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 18) ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হবে : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$. পটাসিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 19, এর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$, কারণ 4s-এর শক্তি 3d অপেক্ষা নিম্নতর। সুতরাং, ইলেকট্রন 3d-এর আগে 4s স্তরেই প্রবেশ করবে।

[দুটি কাছাকাছি শক্তিস্তরের অরবাইটালের কোন্‌টিতে ইলেকট্রন আগে প্রবেশ করবে সে প্রসঙ্গে দুটি পরীক্ষালব্ধ সূত্র (Empirical rules) অনেক ক্ষেত্রে কাজে আসতে পারে। সূত্র দুটি হল :

(i) দুটি অরবাইটালে ইলেকট্রনের প্রবেশের সম্ভাবনা থাকলে ইলেকট্রন সেই অরবাইটালেই প্রবেশ করবে যার ক্ষেত্রে $(n+l)$-এর মান কম { n হল প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা আর l হল গৌণ কোয়ান্টাম সংখ্যা (subsidiary or auxiliary or azimuthal quantum number)। এর মান 0 থেকে আরম্ভ করে $n-1$ পর্যন্ত যে কোন পূর্ণসংখ্যা হতে পারে।

l-এর মান—

s অরবাইটালের ক্ষেত্রে 0, p অরবাইটালের ক্ষেত্রে 1, d অরবাইটালের ক্ষেত্রে 2 এবং f অরবাইটালের ক্ষেত্রে 3। }

(ii) দুটি অরবাইটালের ক্ষেত্রেই যদি $(n+l)$-এর মান সমান হয়, তবে ইলেকট্রন সেই অরবাইটালেই প্রবেশ করবে যার জন্য n-এর মান কম।

একটি করে উদাহরণ দিয়ে বিষয়টি বোঝানো হল :

(a) ধরা যাক, একটি ইলেকট্রনের সামনে 3d অরবাইটাল এবং 4s অরবাইটালে প্রবেশের সুযোগ রয়েছে। ইলেকট্রনটি এক্ষেত্রে কোন্ অরবাইটালে প্রবেশ করবে ?

3d অরবাইটালের ক্ষেত্রে, $n = 3$ এবং $l = 2$, $\therefore\ n+l = 5$

4s অরবাইটালের ক্ষেত্রে, $n = 4$ এবং $l = 0$ $\therefore\ n+l = 4$

$(n+l)$-এর মান 4s অরবাইটালের ক্ষেত্রে তুলনামূলকভাবে কম। কাজেই প্রথম সূত্রটি অনুযায়ী ইলেকট্রনটি 4s অরবাইটালেই আগে প্রবেশ করবে।

(b) ধরা যাক, একটি ইলেকট্রনের সামনে 3d অরবাইটাল এবং 4p অরবাইটালে প্রবেশের সুযোগ রয়েছে।

3d অরবাইটালের ক্ষেত্রে, $n = 3$ এবং $l = 2$, $\therefore\ n+l = 5$

4p অরবাইটালের ক্ষেত্রে, $n = 4$ এবং $l = 1$, $\therefore\ n+l = 5$

এক্ষেত্রে দুটি অরবাইটালের ক্ষেত্রেই $(n+l)$-এর মান 5 হওয়ায় দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী ইলেকট্রন কম n-বিশিষ্ট অরবাইটালে অর্থাৎ 3d অরবাইটালেই প্রথমে প্রবেশ করবে।]

নীচের সারণীতে কয়েকটি মৌলের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস দেখানো হল ঃ

পর্যায় (পর্যায় সারণীতে)	মৌলের প্রতীক চিহ্ন	পরমাণু ক্রমাংক	ইলেকট্রনীয় বিন্যাস									
			K	L		M			N			
			1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
I	H	1	1									
	He	2	2									
II	Li	3	2	1								
	Be	4	2	2								
	B	5	2	2	1							
	C	6	2	2	2							
	N	7	2	2	3							
	O	8	2	2	4							
	F	9	2	2	5							
	Ne	10	2	2	6							
III	Na	11	2	2	6	1						
	Mg	12	2	2	6	2						
	Al	13	2	2	6	2	1					
	Si	14	2	2	6	2	2					
	P	15	2	2	6	2	3					
	S	16	2	2	6	2	4					
	Cl	17	2	2	6	2	5					
	Ar	18	2	2	6	2	6					
IV	K	19	2	2	6	2	6		1			
	Ca	20	2	2	6	2	6		2			
	Sc	21	2	2	6	2	6	1	2			
	Ti	22	2	2	6	2	6	2	2			
	V	23	2	2	6	2	6	3	2			
	*Cr	24	2	2	6	2	6	5	1			
	Mn	25	2	2	6	2	6	5	2			
	Fe	26	2	2	6	2	6	6	2			
	Co	27	2	2	6	2	6	7	2			
	Ni	28	2	2	6	2	6	8	2			
	**Cu	29	2	2	6	2	6	10	1			
	Zn	30	2	2	6	2	6	10	2			
	Ga	31	2	2	6	2	6	10	2	1		
	Ge	32	2	2	6	2	6	10	2	2		
	As	33	2	2	6	2	6	10	2	3		
	Se	34	2	2	6	2	6	10	2	4		
	Br	35	2	2	6	2	6	10	2	5		
	Kr	36	2	3	6	2	6	10	2	6		

উপরের সারণীটি লক্ষ্য করলে দেখা যাবে, Cr এবং Cu-এর ক্ষেত্রে সামান্য ব্যতিক্রম আছে। এদের ক্ষেত্রে বহিস্তম ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $3d^4\ 4s^2$ এবং $3d^9\ 4s^2$ না হয়ে যথাক্রমে $3d^5\ 4s^1$ এবং $3d^{10}\ 4s^1$. এর কারণ হল ঃ (i) 3d এবং 4s স্তরের মধ্যে শক্তির পার্থক্য খুবই সামান্য, যার জন্য 4s স্তর থেকে 3d স্তরে ইলেকট্রন সহজেই যেতে পারে, (ii) d অরবাইটালগুলিতে সর্বোচ্চ 10টি ইলেকট্রন ধরে। এখন, কোন অরবাইটাল সম্পূর্ণ ভর্তি হলে অথবা ঠিক আধা ভর্তি হলে সেই ইলেকট্রনীয় বিন্যাস খুব স্থায়ী প্রকৃতির হয় ; সুতরাং Cr এবং Cu-এর ক্ষেত্রে 4s স্তর থেকে 1টি ইলেকট্রন 3d স্তরে চলে আসে।

অন্যান্য মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাসও নীচের সারণীতে দেখানো হল ঃ

মৌলসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস

পরমাণু ক্রমাঙ্ক	মৌল	ইলেকট্রনীয় বিন্যাস	পরমাণু ক্রমাঙ্ক	মৌল	ইলেকট্রনীয় বিন্যাস
1	H	$1s^1$	53	I	—$4d^{10}5s^25p^5$
2	He	$1s^2$	54	Xe	—$4d^{10}5s^25p^6$
3	Li	He $2s^1$	55	Cs	Xe $6s^1$
4	Be	—$2s^2$	56	Ba	—$6s^2$
5	B	—$2s^22p^1$	57	La	—$5d^16s^2$
6	C	—$2s^22p^2$	58	Ce	—$4f^26s^2$
7	N	—$2s^22p^3$	59	Pr	—$4f^36s^2$
8	O	—$2s^22p^4$	60	Nd	—$4f^46s^2$
9	F	—$2s^22p^5$	61	Pm	—$4f^56s^2$
10	Ne	—$2s^22p^6$	62	Sm	—$4f^66s^2$
11	Na	Ne $3s^1$	63	Eu	—$4f^76s^2$
12	Mg	—$3s^2$	64	Gd	—$4f^75d^16s^2$
13	Al	—$3s^23p^1$	65	Tb	—$4f^96s^2$
14	Si	—$3s^23p^2$	66	Dy	—$4f^{10}6s^2$
15	P	—$3s^23p^3$	67	Ho	—$4f^{11}6s^2$
16	S	—$3s^23p^4$	68	Er	—$4f^{12}6s^2$
17	Cl	—$3s^23p^5$	69	Tm	—$4f^{13}6s^2$
18	Ar	—$3s^23p^6$	70	Yb	—$4f^{14}6s^2$
19	K	Ar $4s^1$	71	Lu	—$4f^{14}5d^16s^2$
20	Ca	—$4s^2$	72	Hf	—$4f^{14}5d^26s^2$
21	Sc	—$3d^14s^2$	73	Ta	—$4f^{14}5d^36s^2$
22	Ti	—$3d^24s^2$	74	W	—$4f^{14}5d^46s^2$
23	V	—$3d^34s^2$	75	Re	—$4f^{14}5d^56s^2$
24	Cr	—$3d^54s^1$	76	Os	—$4f^{14}5d^66s^2$
25	Mn	—$3d^54s^2$	77	Ir	—$4f^{14}5d^76s^2$
26	Fe	—$3d^64s^2$	78	Pt	—$4f^{14}5d^96s^1$
27	Co	—$3d^74s^2$	79	Au	—$4f^{14}5d^{10}6s^1$
28	Ni	—$3d^84s^2$	80	Hg	—$4f^{14}5d^{10}6s^2$
29	Cu	—$3d^{10}4s^1$	81	Tl	—$4f^{14}5d^{10}6s^26p^1$
30	Zn	—$3d^{10}4s^2$	82	Pb	—$4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$
31	Ga	—$3d^{10}4s^24p^1$	83	Bi	—$4f^{14}5d^{10}6s^26p^3$
32	Ge	—$3d^{10}4s^24p^2$	84	Po	—$4f^{14}5d^{10}6s^26p^4$
33	As	—$3d^{10}4s^24p^3$	85	At	—$4f^{14}5d^{10}6s^26p^5$
34	Se	—$3d^{10}4s^24p^4$	86	Rn	—$4f^{14}5d^{10}6s^26p^6$
35	Br	—$3d^{10}4s^24p^5$	87	Fr	Rn $7s^1$
36	Kr	—$3d^{10}4s^24p^6$	88	Ra	—$7s^2$
37	Rb	Kr $5s^1$	89	Ac	—$6d^17s^2$
38	Sr	—$5s^2$	90	Th	—$6d^27s^2$
39	Y	—$4d^15s^2$	91	Pa	—$5f^26d^17s^2$
40	Zr	—$4d^25s^2$	92	U	—$5f^36d^17s^2$
41	Nb	—$4d^45s^1$	93	Np	—$5f^46d^17s^2$
42	Mo	—$4d^55s^1$	94	Pu	—$5f^67s^2$
43	Tc	—$4d^55s^2$	95	Am	—$5f^77s^2$
44	Ru	—$4d^75s^1$	96	Cm	—$5f^76d^17s^2$
45	Rh	—$4d^85s^1$	97	Bk	—$5f^97s^2$
46	Pd	—$4d^{10}$	98	Cf	—$5f^{10}7s^2$
47	Ag	—$4d^{10}5s^1$	99	Es	—$5f^{11}7s^2$
48	Cd	—$4d^{10}5s^2$	100	Fm	—$5f^{12}7s^2$
49	In	—$4d^{10}5s^25p^1$	101	Md	—$5f^{13}7s^2$
50	Sn	—$4d^{10}5s^25p^2$	102	No	—$5f^{14}7s^2$
51	Sb	—$4d^{10}5s^25p^3$	103	Lr	—$5f^{14}6d^17s^2$
52	Te	—$4d^{10}5s^25p^4$			

মনে রাখা ভাল ঃ

[পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস সম্পর্কিত নির্মাণ নীতি ঃ

(1) (i) একটি কক্ষে (shell) সর্বোচ্চ সংখ্যক $2n^2$ পর্যন্ত ইলেকট্রন থাকতে পারে।

(ii) ইলেকট্রন সংখ্যা অনুযায়ী একটি কক্ষে s, p, d, f দ্বারা চিহ্নিত উপকক্ষ থাকতে পারে। s উপকক্ষে সর্বোচ্চ সংখ্যক 2টি, p উপকক্ষে 6টি, d উপকক্ষে 10টি এবং f উপকক্ষে 14টি পর্যন্ত ইলেকট্রন থাকতে পারে।

(iii) একটি অরবাইটালে দুটির বেশী ইলেকট্রন থাকতে পারে না। s উপকক্ষে 1টি অরবাইটাল (s অরবাইটাল), p উপকক্ষে সমশক্তিসম্পন্ন তিনটি অরবাইটাল (p_x, p_y ও p_z), d উপকক্ষে 5টি ও f উপকক্ষে 7টি অরবাইটাল থাকে।

(1, 2, 3 ইত্যাদি কক্ষের s অরবাইটাল যথাক্রমে 1s, 2s, 3s ইত্যাদি অরবাইটাল নামে, 2, 3, 4 ইত্যাদি কক্ষের p অরবাইটাল যথাক্রমে 2p, 3p, 4p অরবাইটাল নামে পরিচিত।)

(2) পরমাণুতে ইলেকট্রন অরবাইটালগুলির শক্তির ক্রম অনুসারে প্রবেশ করে। যে কোন উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন অরবাইটালে প্রবেশ করার আগে ইলেকট্রন প্রথমে সম্ভাব্য নিম্নতম শক্তির অরবাইটালে প্রবেশ করে।

(3) একই শক্তিসম্পন্ন অরবাইটালগুলির (degenerate set of orbitals) ক্ষেত্রে (যেমন, তিনটি p অরবাইটাল p_x, p_y, p_z) যে কোন একটি অরবাইটালে 2টি ইলেকট্রন প্রবেশ করার আগে প্রতিটি অরবাইটালে 1টি করে ইলেকট্রন প্রবেশ করে (অরবাইটালগুলি অবশ্যই একই মূল কক্ষীয় হবে, অর্থাৎ এদের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n-এর মান একই)।

(4) সম্ভাব্য ক্ষেত্রে কোন উপকক্ষ পরিপূর্ণরূপে পূর্ণ হওয়ার বা ঠিক অর্ধপূর্ণ হওয়ার প্রবণতা দেখায়।

উদাহরণ ঃ (1) **হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন-বিন্যাস ঃ** হাইড্রোজেনে 1টি ইলেকট্রন আছে। নিম্নতম শক্তির অরবাইটাল 1s, সুতরাং ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^1$.

(2) **কার্বনের ইলেকট্রন-বিন্যাস ঃ** 6টি ইলেকট্রন। প্রথম 2টি ইলেকট্রন 1s অরবাইটালে, পরের 2টি ইলেকট্রন 2s অরবাইটালে, পঞ্চম ইলেকট্রন 3টি সমশক্তিসম্পন্ন p অরবাইটালের যে কোন একটিতে ($2p_x$ অরবাইটালে), শেষ ইলেকট্রনটি $2p_x$ অরবাইটালে প্রবেশ না করে সমশক্তির অপর অরবাইটালে ($2p_y$ অরবাইটালে) প্রবেশ করে [নিয়ম (3) দ্রষ্টব্য]। সুতরাং, ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1$.

(3) **অক্সিজেনের ইলেকট্রন-বিন্যাস ঃ** ইলেকট্রন সংখ্যা 8. 2টি 1s অরবাইটালে, 2টি 2s অরবাইটালে, 3টি ইলেকট্রন $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ অরবাইটালে 1টি করে এবং শেষ ইলেকট্রনটি তিনটি 2p অরবাইটালের যে কোনটিতে ($2p_x$-এ)। ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$.

(4) **স্ক্যাণ্ডিয়ামের ইলেকট্রন-বিন্যাস ঃ** ইলেকট্রন সংখ্যা 21. ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ 4s-এর পরে শক্তির ক্রম অনুসারে আসে 3d অরবাইটাল—4p নয়, তাই ইলেকট্রন 4p-তে না গিয়ে 3d-তে গিয়েছে।

(5) **ক্রোমিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস ঃ** ইলেকট্রন সংখ্যা 24. ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$। এর আগের মৌল ভ্যানাডিয়ামের ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$। ক্রোমিয়ামের ক্ষেত্রে পরের ইলেকট্রনটি 3d-তে এলে ইলেকট্রন-বিন্যাস হয় $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$. কিন্তু উপকক্ষ অর্ধভর্তি হলে ইলেকট্রন-বিন্যাস স্থায়ী প্রকৃতির হয়। একটি ইলেকট্রন 4s থেকে 3d-তে চলে এলে 3d অরবাইটাল অর্ধপূর্ণ হয়। তাই ইলেকট্রনবিন্যাস হয় $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$.]

প্রশ্ন ঃ 1.66 একটি মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গি হল $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$। এই মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কত ? এটির ভর-সংখ্যা 35 হলে এর পরমাণুতে প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের সংখ্যা কত হবে ?

1.67 একটি মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 19 । এটির পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস (a) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^1$ হবে না কি (b) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$ হবে ?

1.68 $^{65}_{30}Zn$-এর পরমাণু-কেন্দ্রীনে কয়টি প্রোটন এবং কয়টি নিউট্রন থাকে ?

1.69 নীচে কয়েকটি মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক দেওয়া আছে । এদের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লেখ ঃ (a) 20 (b) 24 (c) 29 (d) 35 । এদের প্রতিটির বহিস্তম কক্ষে কয়টি ইলেকট্রন আছে উল্লেখ কর ।

আইসোটোপ বা সমস্থানিক (Isotopes) ঃ মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রন সমবায়ে গঠিত। প্রোটন বা নিউট্রনের ভরের তুলনায় ইলেকট্রনের ভর নগণ্য। কাজেই মৌলের পারমাণবিক ভর বলতে মোটামুটিভাবে পারমাণবিক ভর এককে পরমাণু-মধ্যস্থ নিউট্রন এবং প্রোটনের মিলিত ভরকেই বোঝায়। পারমাণবিক ভর এককে নিউট্রন এবং প্রোটন প্রতিটির ভর 1 থেকে সামান্য বেশী।

ভর-সংখ্যা (Mass-number) ঃ পরমাণু-মধ্যস্থ নিউট্রন এবং প্রোটনের মিলিত সংখ্যা মৌলের পারমাণবিক ওজনের নিকটতম পূর্ণসংখ্যা, এই সংখ্যাকে বলে মৌলের ভর-সংখ্যা। তাহলে, **মৌলের ভর সংখ্যা = পরমাণুর কেন্দ্রীনে অবস্থিত নিউট্রন সংখ্যা + প্রোটন সংখ্যা।**

কোন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক নির্দিষ্ট, অর্থাৎ ঐ মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যাও নির্দিষ্ট এবং কেন্দ্রবহিঃস্থ ইলেকট্রন সংখ্যাও নির্দিষ্ট। কিন্তু একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনযুক্ত পরমাণু থাকতে পারে ; অর্থাৎ, এই পরমাণুগুলিতে নিউট্রন সংখ্যা বিভিন্ন হবে।

একই মৌলের ভিন্ন ভিন্ন পারমাণবিক ভর যুক্ত পরমাণুগুলিকে মৌলটির আইসোটোপ বা সমস্থানিক বলে (Iso = same, topos = place) । আইসোটোপগুলির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক একই, অর্থাৎ পরমাণু-কেন্দ্রে প্রোটন সংখ্যা বা কেন্দ্রবহিঃস্থ ইলেকট্রন সংখ্যা একই, কিন্তু পরমাণু-কেন্দ্রে নিউট্রন সংখ্যা বিভিন্ন। অর্থাৎ, আইসোটোপগুলির ভর সংখ্যা পৃথক, কিন্তু পরমাণু-ক্রমাঙ্ক একই। পরমাণু-ক্রমাঙ্ক একই হওয়ায় পর্যায়-সারণীতে আইসোটোপগুলির অবস্থান একই স্থানে বা একই ঘরে। সেইজন্যই এদের নাম আইসোটোপ বা সমস্থানিক বা সমঘর।

পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর মৌলের রাসায়নিক ধর্ম এবং কিছু কিছু ভৌত ধর্ম নির্ভরশীল এবং পারমাণবিক ভর বা ভরসংখ্যার উপর নির্ভরশীল মৌলের কয়েকটি ভৌত ধর্ম। সেইজন্য মৌলের আইসোটোপগুলির রাসায়নিক ধর্মগুলি মোটামুটিভাবে এক, কিন্তু পারমাণবিক ভরের উপর নির্ভরশীল এমন ভৌত ধর্মগুলি পৃথক। আইসোটোপ তেজস্ক্রিয়ও হতে পারে, অ-তেজস্ক্রিয়ও হতে পারে।

নীচের সারণীতে কয়েকটি আইসোটোপের উদাহরণ দেওয়া হল ঃ

মৌল	আইসোটোপ	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক (Z)	ভর-সংখ্যা A	প্রোটন-সংখ্যা	ইলেকট্রন-সংখ্যা	নিউট্রন-সংখ্যা (A—Z)
হাইড্রোজেন	(a) সাধারণ হাইড্রোজেন বা প্রোটিয়াম H	1	1	1	1	0
	(b) ডয়টেরিয়াম বা ভারী হাইড্রোজেন, D বা ^2H	1	2	1	1	1
	(c) ট্রাইসিয়াম, T বা ^3H	1	3	1	1	2
অক্সিজেন	^{16}O	8	16	8	8	8
	^{17}O	8	17	8	8	9
	^{18}O	8	18	8	8	10
ক্লোরিন	^{35}Cl	17	35	17	17	18
	^{37}Cl	17	37	17	17	20
ইউরেনিয়াম (তেজস্ক্রিয়)	^{238}U	92	238	92	92	146
	^{235}U	92	235	92	92	143

(টিন এবং লেডের আইসোটোপের সংখ্যা সর্বোচ্চ—উভয়েই 26টি করে)। প্রকৃতিতে এ পর্যন্ত প্রায় দেড় হাজার আইসোটোপের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়েছে।

[ভিন্ন ভিন্ন মৌলের একই ভর-সংখ্যার পরমাণুদের বলে **আইসোবার, (Isobar)**। এই পরমাণুগুলিতে প্রোটন এবং নিউট্রনের মিলিত সংখ্যা একই। কিন্তু প্রোটন-সংখ্যা পৃথক, নিউট্রন-সংখ্যাও পৃথক, যেমন $^{40}_{19}K$ এবং $^{40}_{18}Ar$. এক্ষেত্রে K এবং Ar-এর পরমাণু-ক্রমাংক যথাক্রমে 19 এবং 18. সুতরাং এদের প্রোটন-সংখ্যা যথাক্রমে 19 এবং 18, নিউট্রন ও প্রোটনের মিলিত সংখ্যা দুটির ক্ষেত্রেই 40. ^{40}K-তে নিউট্রন-সংখ্যা (40 − 19) বা 21 এবং ^{40}Ar-তে নিউট্রন-সংখ্যা (40 − 18) বা 22টি]

কোন পরমাণুর ভর-সংখ্যা যদি A হয় এবং পরমাণু-ক্রমাংক Z হয়, তবে পরমাণুতে প্রোটন বা ইলেকট্রন-সংখ্যা হবে Z এবং নিউট্রন-সংখ্যা হবে (A − Z), যেমন সোডিয়ামের ভর-সংখ্যা 23 এবং পরমাণু-ক্রমাংক 11, সুতরাং এর পরমাণুতে প্রোটন বা ইলেকট্রন-সংখ্যা 11 এবং নিউট্রন সংখ্যা (23 − 11) বা 12।

আইসোটোন (Isotone)ঃ বিভিন্ন মৌলের পরমাণুকেন্দ্রীনে যদি **একই সংখ্যক নিউট্রন বর্তমান থাকে**, কিন্তু প্রোটন-সংখ্যা ভিন্ন হয়, তবে সেই সব পরমাণুগুলিকে পরস্পরের আইসোটোন বলা হয়।

আইসোটোনগুলির ভর-সখ্যাও পৃথক, পরমাণু-ক্রমাংকও পৃথক—কেবল নিউট্রন-সংখ্যাই এক। যেমনঃ $^{226}_{88}Ra$ এবং $^{227}_{89}Ac$। উভয়ক্ষেত্রেই নিউট্রন সংখ্যা 138। এদের রাসায়নিক ধর্ম অবশ্যই পৃথক ; কারণ পরমাণুতে প্রোটন সংখ্যা পৃথক।

ভর-সংখ্যা এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক (Relation between mass number and atomic number)ঃ

মনে করা যাক, কোন মৌলের ভর-সংখ্যা A এবং পরমাণু-ক্রমাংক Z.

তাহলে, A = **পরমাণু কেন্দ্রীনে অবস্থিত প্রোটন সংখ্যা + নিউট্রন-সংখ্যা**

এবং Z = পরমাণু কেন্দ্রীনে অবস্থিত প্রোটন-সংখ্যা

∴ A = Z + নিউট্রন সংখ্যা

মনে করি, নিউট্রন সংখ্যা = n

$\therefore\ A = Z + n \qquad$ বা $Z = A - n$

অর্থাৎ, **ভর-সংখ্যা = পরমাণু-ক্রমাংক + নিউট্রন-সংখ্যা**

বা, **পরমাণু-ক্রমাংক = ভর-সংখ্যা − নিউট্রন-সংখ্যা**

এই সম্পর্ক থেকে পরমাণু-ক্রমাংক, ভর-সংখ্যা এবং নিউট্রন-সংখ্যার মধ্যে যে কোন দুটি জানা থাকলে তৃতীয়টি সহজেই নির্ণীত হতে পারে।

যেমন ^{80}Br-এ নিউট্রন-সংখ্যা হল 45। তাহলে ব্রোমিনের পরমাণু-ক্রমাংক কত?

পরমাণু-ক্রমাংক = ভর-সংখ্যা − নিউট্রন-সংখ্যা (^{80}Br-এর ভর-সংখ্যা = 80)

= 80 − 45 = 35

অর্থাৎ, ব্রোমিনের পরমাণু-ক্রমাংক 35.

প্রশ্নঃ 1.70 24 ভর-সংখ্যার ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুতে কয়টি প্রোটন, কয়টি নিউট্রন এবং কয়টি ইলেকট্রন থাকে? (Mg-এর পরমাণু-ক্রমাংক 12)

1.71 একটি মৌলের পরমাণুতে 16টি প্রোটন, 16টি নিউট্রন এবং 16টি ইলেকট্রন আছে। ঐ মৌলের (a) পরমাণু-ক্রমাংক কত? (b) ভর-সংখ্যা কত (c) পারমাণবিক ভর এককে সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন কত?

1.72 আইসোটোপ এবং আইসোবারের মধ্যে পার্থক্য কি?

আইসোটোপের ব্যবহার (Uses of Isotopes) : তেজস্ক্রিয় এবং অ-তেজস্ক্রিয় উভয় প্রকার আইসোটোপেরই বিভিন্ন ক্ষেত্রে বহুবিধ ব্যবহার রয়েছে, অবশ্য তুলনামূলকভাবে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যবহারই ব্যাপকতর। যেসব ক্ষেত্রে আইসোটোপের ব্যবহার রয়েছে সেগুলির মধ্যে আছে (ক) চিকিৎসা ক্ষেত্র, (খ) কৃষি, (গ) রাসায়নিক বিক্রিয়ার কৌশল (mechanism) নির্ণয়, (ঘ) পৃথিবীর বয়স বা জৈব পদার্থ সমন্বিত প্রাচীন বস্তু, যথা জীবাশ্ম, প্রাচীন গাছ—এইসবের বয়স নির্ণয় ইত্যাদি।

আয়োডিনের তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ^{131}I থাইরয়েড গ্রন্থি সম্পর্কিত রোগ নির্ণয় এবং রোগের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

কোবাল্টের তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ^{60}Co (β-কণা নির্গতকারী) ক্যান্সার-কোষ ধ্বংস করতে ব্যবহৃত হয়। (এখানে উল্লেখ্য যে রেডিয়ামও ক্যান্সার-কোষ ধ্বংস করতে ব্যবহৃত হয়, তবে ^{60}Co ব্যবহার অনেক কম ব্যয়-সাপেক্ষ)। আইসোটোপের ব্যবহারের এ ধরনের অসংখ্য উদাহরণ দেওয়া যায়।

আইসোটোপ বর্তমান এমন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় : মনে করা যাক, একটি মৌলের তিনটি আইসোটোপ বর্তমান, যাদের আইসোটোপীয় পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে x, y এবং z এবং প্রাচুর্য (Abundance) যথাক্রমে শতকরা a ভাগ, b ভাগ এবং c ভাগ। তাহলে এই মৌলটির গড় পারমাণবিক ওজন (A) হবে :

$$A = \frac{a.x + b.y + c.z}{100}$$

অর্থাৎ, কোন মৌলের আইসোটোপগুলির পৃথক পৃথক পারমাণবিক ওজন জানা থাকলে এবং উপাদান আইসোটোপগুলির প্রাচুর্য জানা থাকলে মৌলটির গড় পারমাণবিক ওজন উপরের সূত্রের সাহায্যে সহজেই নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণস্বরূপ, কপারের দুটি আইসোটোপ আছে, যাদের ভর-সংখ্যা 63 এবং 65. ^{63}Cu-এর পারমাণবিক ওজন 62·949, প্রাচুর্য 69·1%, ^{65}Cu-এর পারমাণবিক ওজন 64·948, প্রাচুর্য 30·9%। তাহলে Cu-এর গড় পারমাণবিক ওজন কত হবে ?

সমাধান : মনে করি, Cu-এর গড় পাঃ ওজন = A

$$\text{তাহলে, } A = \frac{69{\cdot}1 \times 62{\cdot}949 + 30{\cdot}9 \times 64{\cdot}948}{100} = 63{\cdot}56$$

মনে রাখা ভাল :

(i) অধিকাংশ মৌলেরই পারমাণবিক ওজন পূর্ণসংখ্যা নয়। আসন্ন পূর্ণসংখ্যা থেকে সামান্য বেশী (অর্থাৎ, ভগ্নাংশ সমন্বিত)—এর কারণ হল মৌলের পরমাণু প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রন নিয়ে গঠিত। ইলেকট্রনের ভর নগণ্য, প্রোটন এবং নিউট্রনের প্রতিটির ভর পারমাণবিক ভর এককে 1 থেকে সামান্য বেশী (যথাক্রমে 1·00727 এবং 1·000867 পা. ভ. এ.)। কাজেই মৌলগুলির পাঃ ওজন আসন্ন পূর্ণসংখ্যা থেকে সামান্য বেশী।

(ii) যতগুলি ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রন নিয়ে মৌলের পরমাণু গঠিত, অধিকাংশ ক্ষেত্রেই মৌলের পাঃ ওজন কিন্তু ঐ সংখ্যক ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রনের মিলিত ওজন অপেক্ষা কম। এর কারণ হল পরমাণু ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন নিয়ে গঠিত হবার সময় কিছু ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে (আইনস্টাইনের সমীকরণ $E = mc^2$ অনুযায়ী m ভর, E শক্তি এবং c আলোর গতিবেগ) নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তি (Nuclear binding energy)-রূপে পরমাণুতে থেকে যায়। এই শক্তির জন্যই পরমাণু সুস্থিত হয়। এই শক্তি যত বেশী হবে পরমাণু কেন্দ্রীন তত বেশী সুস্থিত হবে।

[নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তিকে নিউক্লীয় কণার সংখ্যা দিয়ে ভাগ করলে নিউক্লীয় কণা-পিছু নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তি পাওয়া যায়—এর মান 7·5 MeV-এর কম হলে সাধারণত পরমাণু তেজস্ক্রিয় হয়।]

MeV = মিলিয়ন ইলেকট্রন ভোল্ট

1 ইলেকট্রন ভোল্ট (eV) $= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব $\times$ 1 ভোল্ট

$= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ জুল (কুলম্ব × ভোল্ট = জুল)

$= 1{\cdot}6 \times 10^{-19} \times 10^{7}$ আর্গ

$= \frac{1{\cdot}6 \times 10^{-12}}{4{\cdot}18 \times 10^{7}}$ ক্যালোরি

1 মিলিয়ন ইলেকট্রন ভোল্ট (MeV) $= \frac{1{\cdot}6 \times 10^{-12} \times 10^{6}}{4{\cdot}18 \times 10^{7}}$ ক্যালোরি

$= \frac{1{\cdot}6 \times 10^{-13} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}{4{\cdot}18}$ ক্যালোরি/মোল

(1 eV = 23 কিলো ক্যালোরি/মোল)

প্রশ্ন : 1.73 $^{35}_{17}Cl$ এবং $^{80}_{35}Br$-এর কেন্দ্রীনে (i) কয়টি নিউট্রন এবং কয়টি প্রোটন আছে ?

(i) কেন্দ্রবহিঃস্থ অংশে কয়টি ইলেকট্রন আছে ?

(ii) এদের ভর-সংখ্যা এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কত ?

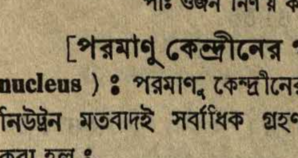
1.74 $^{32}_{16}S$ এই চিহ্ন থেকে কি কি তথ্য জানা যেতে পারে ?

1.75 হিলিয়াম পরমাণুতে 2টি নিউট্রন, 2টি প্রোটন এবং 2টি ইলেকট্রন বর্তমান। তাহলে হিলিয়ামের পারমাণবিক ওজন পারমাণবিক ভর এককে কত হওয়া উচিত ? হিলিয়ামের প্রকৃত পাঃ ওজন 4·0026. তোমার নির্ণীত পাঃ ওজন এই মান থেকে কম না বেশী ? কম বা বেশী হওয়ার সম্ভাব্য কারণ কি ?

1.76 সালফারের তিনটি সমস্থানিক ^{32}S, ^{33}S এবং ^{34}S-এর পাঃ ওজন যথাক্রমে 31·972, 32·972 এবং 33·969 এবং এদের প্রাচুর্য যথাক্রমে 95·06%, 0·74% এবং 4·20%। S-এর পাঃ ওজন নির্ণয় কর।

[পরমাণু কেন্দ্রীনের গঠন এবং সুস্থিতি (Structure and stability of the atomic nucleus) : পরমাণু কেন্দ্রীনের গঠন সম্পর্কে বিভিন্ন মতবাদ আছে। তবে এ সম্পর্কিত প্রোটন-নিউট্রন মতবাদই সর্বাধিক গ্রহণযোগ্য হওয়ায় এই মতবাদ সম্পর্কে এখানে সংক্ষেপে আলোচনা করা হল :

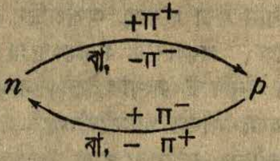
প্রোটন নিউট্রন মতবাদ (Proton-neutron concept) : এই মতবাদ অনুযায়ী (i) পরমাণু কেন্দ্রীন প্রোটন এবং নিউট্রন সমবায়ে গঠিত (কেবলমাত্র H পরমাণুর কেন্দ্রীনে নিউট্রন নেই, একটি মাত্র প্রোটন বর্তমান)। (ii) কোন মৌলের ভর-সংখ্যা যদি A হয় এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক Z হয়, তবে ঐ মৌলের **পরমাণু-কেন্দ্রীন Z সংখ্যক প্রোটন এবং (A—Z) সংখ্যক নিউট্রন সমবায়ে গঠিত হয়।** (iii) নিউট্রন এবং প্রোটন পরস্পরে পরিবর্তনীয় এবং এই পারস্পরিক পরিবর্তন ক্রিয়াটি সর্বক্ষণই চলতে থাকে। একটি নিউট্রন ইলেকট্রন ত্যাগ করে বা পজিট্রন গ্রহণ করে প্রোটনে পরিবর্তিত হয় এবং প্রোটন ইলেকট্রন গ্রহণ করে বা পজিট্রন ত্যাগ করে নিউট্রনে পরিবর্তিত হয়।



নিউট্রন এবং প্রোটনের মধ্যে ইলেকট্রন বা পজিট্রনের দ্রুত বিনিময়ের দরুন যে শক্তি উৎপন্ন হয় সেই শক্তিই (exchange energy) নিউট্রন এবং প্রোটনের মধ্যে বন্ধনী শক্তিরূপে কাজ করে।

[নিউট্রন এবং প্রোটনকে নিউক্লীয় কণা (Nuclear particles) বা নিউক্লীয়ন (Nucleon) বলে।]

ইউকাওয়ার (Yukawa) মেসন ক্ষেত্র-তত্ত্ব (Meson-field theory) অনুযায়ী নিউট্রন এবং প্রোটনের মধ্যে নেগেটিভ π-মেসন এবং পজিটিভ π-মেসনের বিনিময়-জনিত শক্তিই নিউট্রন এবং প্রোটনের মধ্যে বন্ধনী শক্তিরূপে ক্রিয়া করে :



ইউকাওয়ার মতে নিউট্রন-নিউট্রন এবং প্রোটন-প্রোটন এদের মধ্যেও প্রশম π মেসন বিনিময়ের দরুন বন্ধনী শক্তির সৃষ্টি হয় :

$$n \longrightarrow n + \pi^{\circ}\ ;\ p \longrightarrow p + \pi^{\circ}$$

দেখা যায়, নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যা সমান হলে বিনিময় শক্তির পরিমাণ সর্বাধিক হয়, অর্থাৎ নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যার অনুপাত $\left(\frac{n}{p}\right) = 1$ হলে নিউক্লীয় কণাগুলির মধ্যের বন্ধনী শক্তি (nuclear binding energy) সর্বোচ্চ হয় এবং এর ফলে পরমাণু-কেন্দ্রীনটি সুস্থিত হয়। $\frac{n}{p}$ অনুপাতটি 1 থেকে যত বেশী সরে যেতে থাকে কেন্দ্রীনটি ততই দুস্থিত হতে থাকে।

(i) $\frac{n}{p}$ অনুপাতটি 1 থেকে খুব বেশী হলে $\left(\frac{n}{p} >> 1\right)$ নিউট্রন পাকাপাকিভাবে প্রোটনে পরিবর্তিত হয়ে যায়, ফলে একটি নেগেটিভ π মেসন উৎপন্ন হয় যেটি শেষ পর্যন্ত একটি ইলেকট্রন এবং একটি নিউট্রিনোতে পরিবর্তিত হয়ে যায়। ইলেকট্রনটি β-কণারূপে কেন্দ্রীন থেকে নির্গত হয়ে যায় :

$$n \rightarrow p + \pi^- \ ;\ \pi^- \rightarrow e + \nu$$

($\frac{n}{p}$ অনুপাতটি 1·5 বা তার বেশী হলেই পরমাণু কেন্দ্রীনটি সাধারণত স্বতঃস্ফূর্তভাবে এইভাবে ভেঙ্গে যায়, পরমাণু-ক্রমাংক 83 বা তার বেশী হলেই এই ধরনের ঘটনা ঘটবার সম্ভাবনা।)

(ii) $\frac{n}{p}$ অনুপাতটি 1 থেকে খুব কম হলে $\left(\frac{n}{p} << 1\right)$ প্রোটন নিউট্রনে স্থায়ীভাবে পরিবর্তিত হয়ে যায়, ফলে একটি পজিটিভ π মেসন উৎপন্ন হয় যেটি একটি পজিট্রন এবং একটি নিউট্রিনো নির্গমন করে। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীন থেকে পজিট্রন নির্গত হয়। অনেক কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষেত্রে এমনটি ঘটে থাকে :

$$p \rightarrow n + \pi^+ \ ;\ \pi^+ \rightarrow e^+ + \nu$$

দেখা গেছে কেন্দ্রীনে নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যা দুটিই জোড় সংখ্যক হলে (e—e ধরনের কেন্দ্রীন) কেন্দ্রীনটি খুবই সুস্থিত হয়। অপরপক্ষে, নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যা দুটিই বিজোড় সংখ্যক হলে (0—0 ধরনের কেন্দ্রীন) কেন্দ্রীনটি খুবই দুস্থিত হয়। কেন্দ্রীন জোড় সংখ্যক নিউট্রন এবং বিজোড় সংখ্যক প্রোটন (e—0 ধরনের) বা বিজোড় সংখ্যক নিউট্রন এবং জোড় সংখ্যক প্রোটন (0—e ধরনের) সমন্বয়ে গঠিত হলে সেই সব কেন্দ্রীনের সুস্থিতি মাঝামাঝি হয়—অর্থাৎ এদের সুস্থিতি e—e ধরনের কেন্দ্রীন থেকে কম, কিন্তু 0—0 ধরনের কেন্দ্রীন থেকে বেশী। এইসব কেন্দ্রীন সমন্বিত পরমাণুগুলির প্রাকৃতিক প্রাচুর্য (abundance in nature)-ও উপরে আলোচিত কেন্দ্রীনের সুস্থিতির সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

যাদু-সংখ্যাবলী (Magic numbers) : দেখা গেছে সেই সব কেন্দ্রীন যাদের মধ্যে 2, 8, 20, 28, 50, 82 বা 126টি নিউট্রন বা প্রোটন থাকে, সেই কেন্দ্রীনগুলি খুবই সুস্থিত হয়। ঐ সংখ্যাগুলিকে এজন্য **যাদু সংখ্যাবলী** বা magic numbers বলে।

বিষয়টির ব্যাখ্যা দেবার জন্য কেন্দ্রীনের একটি স্তর গঠন বা কক্ষীয় গঠন (shell structure) কল্পনা করা হয়েছে, অর্থাৎ মনে করা হয় যে, নিউক্লীয় কণাগুলি বিভিন্ন নির্দিষ্ট শক্তিস্তরে বর্তমান থাকে। পরমাণুর বহিঃকেন্দ্রীয় অংশে ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে যেমন দেখা যায় যে প্রতিটি কক্ষ নির্দিষ্ট সংখ্যক ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হলে সেই ইলেকট্রনীয় বিন্যাস স্থায়ী প্রকৃতির হয় (যেমন নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ক্ষেত্রে দেখা যায়), তেমনি কেন্দ্রীনের ক্ষেত্রেও খুব সম্ভবত এমনটিই ঘটতে পারে। অর্থাৎ, যাদু সংখ্যাগুলি সম্ভবত কেন্দ্রীনে নির্দিষ্ট শক্তিস্তর (সম্ভবত প্রোটন এবং নিউট্রনের জন্য পৃথক শক্তিস্তর বর্তমান) প্রোটন বা নিউট্রন দ্বারা পূর্ণ হওয়ার সঙ্গে সম্পর্কিত।

দ্রষ্টব্য : পরমাণু-কেন্দ্রীনে দুই ধরনের শক্তি ক্রিয়াশীল। এদের একটি নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তি—যা নিউক্লীয় কণাগুলিকে একত্রে ধরে রাখে এবং অপরটি প্রোটনগুলির পারস্পরিক বিকর্ষণী শক্তি। সুস্থিত পরমাণুর ক্ষেত্রে বন্ধনী শক্তি বিকর্ষণী শক্তির তুলনায় অনেক প্রবলতর। পারমাণবিক ওজন বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে প্রোটনগুলির পারস্পরিক বিকর্ষণী শক্তির মাত্রা বাড়তে থাকে, পরমাণুর সুস্থিতির জন্য অধিকসংখ্যক নিউট্রনের প্রয়োজন হয়। পরমাণু-ক্রমাংক 20 বিশিষ্ট পরমাণুর ক্ষেত্রে বিকর্ষণী বলের মাত্রা বন্ধনীয় বলের শতকরা 10 ভাগ মাত্র। কিন্তু পরমাণু-ক্রমাংক 90 বিশিষ্ট পরমাণুর ক্ষেত্রে বিকর্ষণী বলের মাত্রা আকর্ষণী বলের প্রায় 25%। **নির্দিষ্ট পরমাণু-ক্রমাংকের জন্য $\frac{n}{p}$ অনুপাতের মানের একটা সীমা আছে—যার বাইরে অনুপাতটি গেলে কেন্দ্রীন দুস্থিত হয়ে পড়ে এবং হয় একটি α-কণা, নতুবা একটি β-কণা নির্গমনের মাধ্যমে $\frac{n}{p}$ অনুপাতটি সুস্থিতির পক্ষে অনুকূল মানে আনতে চেষ্টা করে** এবং প্রক্রিয়াটি চলতেই থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত $\frac{n}{p}$ অনুপাতের মান সুস্থিতির পক্ষে অনুকূল মানে না পৌঁছায়।

নিউক্লীয় বলের প্রভাব নিউক্লীয় দূরত্বের পাল্লার (Range) মধ্যেই সীমাবদ্ধ। নিউক্লীয় কণাগুলির মধ্যেকার দূরত্ব ফারমি (Fermi) এককে (F) প্রকাশ করা হয় : $1F = 10^{-13}$ সে.মি.।

পারমাণবিক বর্ণালী (Atomic Spectra) : শ্বেত-তপ্ত কঠিন বস্তু থেকে নির্গত শ্বেত আলো বা সূর্যের আলোক-রশ্মিকে কোন প্রিজমের (prism) মধ্য দিয়ে অতিক্রম করালে শ্বেত আলোক-রশ্মি রামধনুর সাতটি রঙে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায় এবং এই রঙগুলির অবস্থিতি ক্রমান্বয়েই অর্থাৎ, প্রথমে বেগুনী (violet), পরে ক্রমান্বয়ে আকাশী (indigo), নীল (blue), সবুজ (green), হলুদ (yellow), কমলা (orange) এবং সবশেষে লাল (red) রঙ এই বর্ণালীতে দেখা যায়। এই ধরনের বর্ণালীকে বলা হয় নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী (continuous spectrum)। তীব্র উত্তপ্ত তরল থেকে নির্গত রশ্মিকে বিশ্লিষ্ট করলেও এই ধরনের নিরবচ্ছিন্ন বর্ণালী দৃশ্যমান হয়। স্পেকট্রোস্কোপ (Spectroscope) বা বর্ণালী বীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে বর্ণালী সুষ্ঠুভাবে গঠিত ও দৃষ্ট হতে পারে।

কোন গ্যাস বা বাষ্পকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে বা ঐ গ্যাস বা বাষ্পের মধ্যে উচ্চ তড়িৎ-বিভব পার্থক্যে তড়িৎ-ক্ষরণ ঘটালে যে রশ্মি নির্গত হয় তাকে স্পেকট্রোস্কোপ যন্ত্রের সাহায্যে বিশ্লেষণ করলে কিন্তু অন্য ধরনের বর্ণালী পাওয়া যায়, যে বর্ণালী উপরে বর্ণিত বর্ণালীর মত নিরবচ্ছিন্ন নয়। এই ধরনের বর্ণালী কয়েকটি বিশেষ তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলোকরেখা সমন্বয়ে গঠিত—যে আলোক-রেখাগুলি পরস্পর থেকে অন্ধকার স্থানের মাধ্যমে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থাকে—এই ধরনের বর্ণালী তাই

বিচ্ছিন্ন রৈখিক বর্ণালী (discontinuous line spectrum)। এইরূপ বর্ণালী সৃষ্টির জন্য দায়ী গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় অবস্থায় উত্তেজিত (excited) পরমাণু। সেইজন্য এই ধরনের বিচ্ছিন্ন রৈখিক বর্ণালীকে **পারমাণবিক বর্ণালী** (atomic spectra) বলে। পারমাণবিক বর্ণালী কোন্ কোন্ নির্দিষ্ট তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের আলোকরেখা সমন্বয়ে গঠিত হবে এবং বর্ণালীতে এদের অবস্থিতি কেমন হবে, এ সবই নির্ভর করবে উত্তেজিত পরমাণুর প্রকৃতির উপর। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন স্বকীয় বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পারমাণবিক বর্ণালী উৎপন্ন হয়।

যেমন পটাসিয়াম-বাষ্পের বর্ণালীতে তিনটি রেখা দৃশ্যমান হয়, যেমন—একটি বেগুনী এবং দুটি লাল। দুটি নীল কাচের মধ্য দিয়ে এর বর্ণালী পরীক্ষা করলে বেগুনী রেখাটি দেখা যায় না (নীল কাচ ঐ বেগুনী রশ্মিকে শোষণ করে নেয়), কেবল রক্তিম রেখাই দেখা যায়। তেমনি বাষ্পীয় সোডিয়ামের বর্ণালী বিশ্লেষণ করলে দুটি হলুদ রেখা দেখা যায়।

পরীক্ষাগারে ধাতব মূলক সনাক্তকরণে যে শিখা পরীক্ষা করা হয়, সেখানে আসলে ধাতব পরমাণুর বর্ণালী পরীক্ষা করে ধাতব মূলক সনাক্তকরণ করা হয়। এক্ষেত্রে পরীক্ষণীয় নমুনার সঙ্গে গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে ধাতব ক্লোরাইড গঠন করা হয়। ঐ ক্লোরাইডগুলি উদ্বায়ী। প্লাটিনাম তারে ঐ ক্লোরাইড লবণ লাগিয়ে বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখায় ধরলে ধাতুর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বর্ণালীর জন্য শিখার বিশেষ বর্ণ লক্ষিত হয়, যা দেখে জানা যায় নির্দিষ্ট বর্ণের শিখা কোন্ ধাতুর উপস্থিতির জন্য হচ্ছে। যেমন, শিখার বর্ণ নীলাভ-সবুজ হলে ধাতব মূলকটি কপার হবার সম্ভাবনা, তেমনি শিখার বর্ণ স্বর্ণালী-হলুদ হলে সোডিয়াম, স্থায়ী রক্তিম লাল হলে স্ট্রনসিয়াম ইত্যাদি।

আসলে গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় অবস্থায় পরমাণু বুনসেন দীপের শিখায় উত্তপ্ত করে বা এর মধ্যে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ ঘটিয়ে পরমাণুকে উত্তেজিত (excited) করলে পরমাণুর ইলেকট্রনসমূহ শক্তি-শোষণ করে উচ্চতর শক্তির স্তরে উন্নীত হয় এবং প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই আবার নিম্নতর শক্তির স্তরে পতিত হয় এবং পতিত হবার কালে নির্দিষ্ট তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট আলোক-রশ্মি রূপে শক্তি নির্গত হয়।

পারমাণবিক বর্ণালীর সঙ্গে **আণবিক বর্ণালীর** পার্থক্য হল—পারমাণবিক বর্ণালী যেমন বিচ্ছিন্ন রৈখিক বর্ণালী—আণবিক বর্ণালী তা নয়—আণবিক বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন পট বর্ণালী **(continuous band spectrum)**।]

গাণিতিক উদাহরণ

1. কোন তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত হবার মুহূর্তে একটি আলফা কণার গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে 20,000 মাইল হলে ঐ মুহূর্তে আলফা কণাটির ভরবেগ (momentum) এবং গতীয়-শক্তি (kinetic energy) নির্ণয় কর।

সমাধান :

20,000 মাইল $= 2\times1{\cdot}6\times10^4$ কি.মি. (1 মাইল = 1·6 কি.মি.)

$= 2\times1{\cdot}6\times10^9$ সে.মি.

আলফা কণার **ভরবেগ** = এটির ভর × গতিবেগ

$= 6{\cdot}642\times10^{-24}$ গ্রাম $\times\ 2\times1{\cdot}6\times10^9$ সে.মি./সেকেন্ড

$= 6{\cdot}642\times2\times1{\cdot}6\times10^{-15}$ গ্রাম × সে.মি./সেকেন্ড

$= 2{\cdot}125\times10^{-14}$ ডাইন/সেকেন্ড

(∵ গ্রাম × সে.মি. = ডাইন)

আলফা কণার **গতীয়-শক্তি** $= \frac{1}{2} mv^2$ (m = α-কণার ভর, v = গতিবেগ)

$= \frac{1}{2} \times 6{\cdot}642 \times 10^{-24} \times (2 \times 1{\cdot}6 \times 10^9)^2$ গ্রাম × (সে.মি.)^2/সেকেণ্ড^2

$= \frac{1}{2} \times 6{\cdot}642 \times (2 \times 1{\cdot}6)^2 \times 10^{-6}$ আর্গ (গ্রাম × সে.মি./সেকেণ্ড = ডাইন,

$= 3{\cdot}4 \times 10^{-5}$ আর্গ। ডাইন × সে.মি./সেকেণ্ড = আর্গ)

(এই শক্তিকে ক্যালোরিতেও পরিবর্তিত করা যায়। 1 ক্যালোরি $= 4{\cdot}2 \times 10^7$ আর্গ)

2. 238 ভরসংখ্যার ইউরেনিয়াম (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 92) তেজস্ক্রিয় বিভাজনের বিভিন্ন ধাপে 8টি আলফা কণা এবং 6টি বিটা কণা নির্গত করে। উৎপন্ন মৌলটির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং পারমাণবিক ভর কত হবে? (J. E. E. 1983)

সমাধান ঃ একটি আলফা কণার নির্গমনে পারমাণবিক ভর 4 একক হ্রাস পায় এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2 একক হ্রাস পায়।

∴ 8টি α-কণার নির্গমনে পারমাণবিক ভর 4×8 একক বা 32 একক হ্রাস পাবে এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 8×2 একক বা 16 একক হ্রাস পাবে।

অপরপক্ষে, একটি β-কণার নির্গমনে পারমাণবিক ভর প্রায় একই থাকবে (কারণ, β-কণার ভর নগণ্য) এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 1 একক বৃদ্ধি পাবে।

∴ 6টি β-কণার নির্গমনে পারমাণবিক ভরের বিশেষ পরিবর্তন হবে না, কিন্তু পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 6×1 বা 6 একক বৃদ্ধি পাবে।

কাজেই, 8টি α-কণা এবং 6টি β-কণার নির্গমনে

(i) পারমাণবিক ভরের হ্রাস = 32 একক।

(ii) পরমাণু-ক্রমাঙ্কের হ্রাস = $(16-6)$ বা 10 একক।

∴ উৎপন্ন নতুন মৌলটির **পারমাণবিক ভর** হবে $(238-32)$ বা 206 এবং **পরমাণু-ক্রমাঙ্ক** হবে $(92-10)$ বা 82

[অর্থাৎ, নতুন মৌলটি হল $^{206}_{82}Pb$]

3. তেজস্ক্রিয় মৌল $^{227}_{89}X$ থেকে শুরু করে তেজস্ক্রিয় বিভাজনের একটি শ্রেণীতে কয়েকটি আলফা কণা এবং বিটা কণা নিঃসরণের ফলে শেষ পর্যন্ত একটি অ-তেজস্ক্রিয় মৌল $^{207}_{82}Z$ উৎপন্ন হয়। সমগ্র বিভাজন প্রক্রিয়াটিতে কয়টি আলফা কণা এবং কয়টি বিটা কণা নির্গত হয়েছিল? $^{227}_{89}X$ পর্যায়-সারণীতে গ্রুপ III A-এর অন্তর্ভুক্ত। তাহলে $^{207}_{82}Z$-এর অবস্থান পর্যায় সারণীর কোন্ গ্রুপে হবে? (J. E. E. 1981)

সমাধান ঃ মনে করি, সমগ্র তেজস্ক্রিয় বিভাজন প্রক্রিয়াটিতে a-সংখ্যক আলফা কণা এবং b-সংখ্যক বিটা কণা নির্গত হয়েছিল।

এখন, একটি আলফা কণার নিঃসরণে ভরসংখ্যার হ্রাস 4 একক

∴ a-সংখ্যক আলফা কণার নিঃসরণে ভরসংখ্যার হ্রাস 4a একক

এবং একটি বিটা কণার নিঃসরণে ভরসংখ্যার পরিবর্তন 0

∴ b-সংখ্যক বিটা কণার নিঃসরণে ভরসংখ্যার পরিবর্তন $b \times 0$ বা 0

এখন, উল্লেখিত তেজস্ক্রিয় বিভাজন প্রক্রিয়ায় ভরসংখ্যার হ্রাস হয়েছে $(227-207)$ বা 20 একক।

∴ $4a+0 = 20$ বা $a = 5$

আবার, একটি আলফা কণার নিঃসরণে পরমাণু-ক্রমাঙ্কের হ্রাস হয় 2 একক

∴ a-সংখ্যক আলফা কণার নিঃসরণে পরমাণু-ক্রমাঙ্কের হ্রাস হয় 2a একক

অপরপক্ষে, একটি বিটা কণার নিঃসরণে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 1 একক বৃদ্ধি পায়

∴ b-সংখ্যক বিটা কণার নিঃসরণে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক b একক বৃদ্ধি পায়।

∴ $89-2a+b=82$ বা, $2a-b=89-82=7$

বা, $2\times5-b=7$ বা, $b=10-7=3$

অর্থাৎ, তেজস্ক্রিয় বিভাজন প্রক্রিয়াটিতে 5টি α-কণা এবং 3টি β-কণা নির্গত হয়েছিল।

$^{207}_{82}Z$ মৌলটির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক $^{227}_{89}X$ এর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক থেকে (89 − 82) বা 7 একক কম। সুতরাং, পর্যায় সারণীতে ঐ মৌলটির অবস্থান X-এর 7 ঘর পূর্বে হবে, অর্থাৎ এর অবস্থান হবে গ্রুপ IV-এ। (সাতঘর আগে, গ্রুপ II, গ্রুপ I, গ্রুপ 0, গ্রুপ VII, গ্রুপ VI, গ্রুপ V-এর আগে অর্থাৎ চতুর্থ গ্রুপে)।

4. একটি মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস নিম্নরূপ :

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$।

এই মৌলের পরমাণুতে 18টি নিউট্রন আছে। মৌলটির ভর-সংখ্যা এবং আনুমানিক (approximate) পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : মৌলটির পরমাণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা $= 2+2+6+2+5 = 17$টি

(অর্থাৎ মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্কও 17) ∴ মৌলটির পরমাণু-কেন্দ্রীনে 17টি প্রোটন বর্তমান।

(∵ পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ)

বলা হয়েছে, মৌলটির পরমাণু-কেন্দ্রীনে 18টি নিউট্রন আছে।

এখন, ভর-সংখ্যা = প্রোটন সংখ্যা + নিউট্রন-সংখ্যা $= 17 + 18 = 35$

আনুমানিক পারমাণবিক ভর = পরমাণুতে বর্তমান প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের মিলিত ভর।

= পরমাণুতে বর্তমান প্রোটন এবং নিউট্রনের মিলিত ভর (∵ ইলেকট্রনের ভর নগণ্য)।

= $35 \times 1\cdot008$ পারমাণবিক ভর একক (প্রোটন এবং নিউট্রনের গড় ভর পা. ভর এককে মোটামুটিভাবে 1·008)

= 35·28

5. একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের অর্ধ-আয়ুষ্কাল 30 মিনিট। সকাল দশটার সময়ে ঐ আইসোটোপ সমন্বিত একটি নমুনায় 8 গ্রাম ঐ আইসোটোপ রয়েছে দেখা গেল। সকাল সাড়ে এগারোটায় ঐ আইসোটোপের কতটা পরিমাণ অবশিষ্ট থাকবে ?

সমাধান : সকাল দশটা থেকে সকাল সাড়ে এগারটা পর্যন্ত সময়ের ব্যবধান হল দেড় ঘন্টা বা 90 মিনিট বা 3×30 মিনিট।

সকাল দশটায় আইসোটোপটির পরিমাণ 8 গ্রাম। 30 মিনিট পর, অর্থাৎ সকাল সাড়ে দশটায় ঐ আইসোটোপের পরিমাণ হবে $\frac{8}{2}$ গ্রাম বা, 4 গ্রাম

(কারণ, অর্ধ-আয়ুষ্কাল সময়ে তেজস্ক্রিয় মৌলের পরিমাণ ঠিক অর্ধেক হয়ে যায়)

আরও 30 মিনিট পর, অর্থাৎ সকাল 11টায় আইসোটোপের পরিমাণ হবে $\frac{4}{2}$ গ্রাম বা, 2 গ্রাম।

∴ **সকাল সাড়ে এগারটায় অবশিষ্ট আইসোটোপের পরিমাণ হবে $\frac{2}{2}$ বা, 1 গ্রাম।**

[অর্থাৎ, 3×30 মিনিট পরে অবশিষ্ট আইসোটোপের পরিমাণ হল $\frac{8 \text{ গ্রাম}}{2^3}$ (n-তম অর্ধ-আয়ুষ্কাল পরে কোন মৌলের পরিমাণ হল $\frac{\text{প্রারম্ভিক পরিমাণ}}{2^n}$)]

6. সাধারণ কার্বনে কার্বনের দুটি আইসোটোপ—12 ভর-সংখ্যার কার্বন এবং 13 ভর-সংখ্যার কার্বনের পরিমাণ যথাক্রমে 98·89% এবং 1·11%। ঐ আইসোটোপগুলির আইসোটোপীয় ওজন যথাক্রমে 12 পা. ভ. এ. এবং 12·7 পা.ভ.এ. হলে কার্বনের গড় পারমাণবিক ওজন কত হবে ?

সমাধান : কার্বনের **গড় পারমাণবিক ওজন**

$$= \frac{98{\cdot}89 \times 12 + 1{\cdot}11 \times 12{\cdot}7}{100}$$

$$= \frac{1188 + 14{\cdot}11}{100} = \frac{1202{\cdot}11}{100} = 12{\cdot}021$$

7. সাধারণ অবস্থায় প্রাপ্ত বোরনের মধ্যে দুই প্রকার আইসোটোপ বর্তমান থাকে, যাদের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 10·01 এবং 11·01। সাধারণ বোরনের পারমাণবিক ওজন 10·81 হলে ঐ বোরনের মধ্যে প্রাপ্ত দুই প্রকার আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

(I. I. T. 1978)

সমাধান : মনে করি, 10·01 পাঃ ওজন বিশিষ্ট আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ x।

তাহলে, 11·01 পাঃ ওজন বিশিষ্ট আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ হল $(100 - x)$।

এখন,

$$\text{বোরনের পাঃ ওজন} = \frac{\text{প্রথম আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ} \times \text{এর পাঃ ওজন} + \text{দ্বিতীয় আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ} \times \text{এর পাঃ ওজন}}{100}$$

$$10{\cdot}81 = \frac{x \times 10{\cdot}01 + (100 - x) \times 11{\cdot}01}{100}$$

বা, $11{\cdot}01\,x - 10{\cdot}01\,x = 100 \times 11{\cdot}01 - 10{\cdot}81 \times 100$

বা, $x = 100 \times 0{\cdot}20 = 20$

∴ $100 - x = 100 - 20 = 80$

অর্থাৎ, সাধারণ বোরনে 10·01 পাঃ ভর বিশিষ্ট আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ 20 এবং 11·01 পাঃ ভর বিশিষ্ট আইসোটোপের শতকরা পরিমাণ হল 80.

8. একটি মৌলের দুটি আইসোটোপের ভর-সংখ্যা 35 এবং 37। ঐ মৌলে আইসোটোপ দুটির পরিমাণ যথাক্রমে 75% এবং 25% হলে মৌলটির পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর।

[H. S. 1982]

সমাধান : মৌলটির নির্ণেয় পারমাণবিক ভর (আনুমানিক)

$$= \frac{75 \times 35 + 25 \times 37}{100} = \frac{2625 + 925}{100} = \frac{3550}{100} = 35{\cdot}5$$

[এই পারমাণবিক ওজন আনুমানিক হবে। সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করতে গেলে আইসোটোপগুলির পৃথক পৃথক পাঃ ওজনগুলি জানা দরকার—কেবল ভর-সংখ্যা জানলেই হবে না।]

9. হাইড্রোজেন পরমাণুতে ইলেকট্রন চতুর্থ কক্ষ ($n = 4$) থেকে প্রথম কক্ষে ($n = 1$) পতিত হল। চতুর্থ কক্ষে থাকাকালীন ইলেকট্রনের শক্তি $-1{\cdot}35 \times 10^{-12}$ আর্গ এবং প্রথম কক্ষে

থাকাকালীন ঐ ইলেকট্রনের শক্তি $-21{\cdot}69 \times 10^{-12}$ আর্গ হলে যে শক্তি রশ্মিরূপে নির্গত হল তার কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ইলেকট্রনটি যদি প্রথম কক্ষ থেকে চতুর্থ কক্ষে লাফ দিত তাহলে কি হত?

সমাধান ঃ বোরের স্বীকার্যসমূহ থেকে পাওয়া যায় উচ্চতর শক্তির স্তর (E_2) থেকে নিম্নতর শক্তির স্তরে (E_1) ইলেকট্রন পতিত হলে যে শক্তি নির্গত হয় তার পরিমাণ $E_2 - E_1 = h\nu$, যেখানে h হল প্লাংকের ধ্রুবক, যার মান $6{\cdot}626 \times 10^{-27}$ আর্গ সেকেন্ড এবং ν হল নির্গত রশ্মির কম্পাঙ্ক।

আবার, $\nu = \frac{c}{\lambda}$, যেখানে c হল আলোকের গতিবেগ $= 3 \times 10^{10}$ সে. মি./সেকেন্ড

এবং λ = নির্গত রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য

তাহলে, $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{E_2 - E_1}{h}$

এখানে, $E_2 = -1{\cdot}35 \times 10^{-12}$ আর্গ এবং $E_1 = -21{\cdot}69 \times 10^{-12}$ আর্গ

$$\therefore \quad \nu = \frac{[-1{\cdot}35 \times 10^{-12} + 21{\cdot}69 \times 10^{-12}]\text{ আর্গ}}{6{\cdot}626 \times 10^{-27}\text{ আর্গ সেকেন্ড}}$$

$$= \frac{20{\cdot}34 \times 10^{-12}}{6{\cdot}626 \times 10^{-27}}\text{ / সেকেন্ড} = 3{\cdot}069 \times 10^{15}\text{/সেকেন্ড}$$

$\therefore$ নির্ণেয় কম্পাঙ্ক $3{\cdot}069 \times 10^{15}$ প্রতি সেকেন্ডে।

আবার, $\nu = \frac{c}{\lambda}$ বা, $3{\cdot}069 \times 10^{15}\text{/সেকেন্ড} = \frac{3 \times 10 \quad \text{সে. মি./সেকেন্ড}}{\lambda}$

$$\text{বা,}\quad \lambda = \frac{3 \times 10^{10}\text{ সে. মি./সেকেন্ড}}{3{\cdot}069 \times 10^{15}\text{/সেকেন্ড}} = 9{\cdot}78 \times 10^{-6}\text{ সে. মি.}$$

$\therefore$ নির্ণেয় তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য $= 9{\cdot}78 \times 10^{-6}$ সে. মি.।

ইলেকট্রন প্রথম কক্ষ থেকে চতুর্থ কক্ষে লাফ দিলে শক্তি নির্গত হবার পরিবর্তে **শোষিত হত**। শোষিত শক্তি একইভাবে রশ্মিরূপেই শোষিত হত, যে রশ্মির কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য এখানে নির্ণীত মানেরই হত।

10. 1 সি. সি. আয়তন-বিশিষ্ট একটি গোলক নিউট্রন বা প্রোটন কণা দ্বারা পূর্ণ করতে হলে কত সংখ্যক প্রোটন বা নিউট্রনের প্রয়োজন হবে? ঐ সংখ্যক প্রোটন বা নিউট্রনের আনুমানিক ওজন কত হবে? নিউট্রন এবং প্রোটনের আকার মোটামুটিভাবে একই ধরে নাও।

সমাধান ঃ একটি প্রোটনের ব্যাসার্ধ প্রায় $1{\cdot}2 \times 10^{-13}$ সে. মি.

তাহলে, একটি প্রোটনের আনুমানিক আয়তন

$$= \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3{\cdot}14 \times (1{\cdot}2 \times 10^{-13})^3\text{ সি. সি.}$$

$$= 7{\cdot}236 \times 10^{-39}\text{ সি. সি.}$$

তাহলে, $7{\cdot}236 \times 10^{-39}$ সি.সি. আয়তনে 1টি প্রোটন থাকতে পারে।

বা, 1 সি. সি. আয়তনে থাকতে পারে $\frac{1 \times 10^{39}}{7{\cdot}236}$ টি প্রোটন

বা, **$1{\cdot}382 \times 10^{38}$ টি প্রোটন**

ঐ পরিমাণ প্রোটনের ওজন $= 1{\cdot}382 \times 10^{38} \times 1{\cdot}672 \times 10^{-24}$ গ্রাম

$= 1{\cdot}382 \times 1{\cdot}672 \times 10^{14}$ গ্রাম $= 2{\cdot}311 \times 10^{14}$ গ্রাম

(= 231·1 মেট্রিক টন)

নিউট্রনের আকার প্রোটনের অনুরূপ হলে 1 সি.সি. গোলকে একই সংখ্যক নিউট্রন, অর্থাৎ, 1.382×10^{38} টি নিউট্রন ধরবে।

ঐ সংখ্যক নিউট্রনের ওজন হবে $1.382 \times 10^{38} \times 1.675 \times 10^{-24}$ গ্রাম

বা, 2.315×10^{14} গ্রাম (বা, **231.5 মেট্রিকটন**)

11. 1 গ্রাম তেজস্ক্রিয় মৌল সমন্বিত একটি নমুনা আবদ্ধপাত্রে এক বছর (365 দিন) রেখে দিয়ে দেখা গেল, যে পরিমাণ হিলিয়াম জমা হয়েছে তার আয়তন N.T.P.-তে 0.03 মি.লি.। ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ কুরী এককে নির্ণয় কর।

সমাধান: N.T.P.-তে 22,400 মি.লি. হিলিয়াম গ্যাসে হিলিয়াম পরমাণুর সংখ্যা হল 6.023×10^{23}।

N.T.P.-তে 0.03 মি.লি. হিলিয়াম গ্যাসে হিলিয়াম পরমাণুর সংখ্যা

$$= \frac{6.023 \times 10^{23} \times 0.03}{22400} = 8.067 \times 10^{17}$$

প্রতিটি হিলিয়াম পরমাণু উৎপন্ন হয় একটি আলফা কণা থেকে ($He^{2+} + 2e = He$)।

সুতরাং, 1 গ্রাম তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে 1 বছরে নির্গত আলফা কণার সংখ্যা হল 8.067×10^{17}। তেজস্ক্রিয় মৌলের 1টি পরমাণুর বিভাজনের ফলে 1টি α-কণা উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ 1 বছরে তেজস্ক্রিয় মৌলের ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যাও 8.067×10^{17}

$\therefore$ 1 সেকেণ্ডে তেজস্ক্রিয় মৌলের ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা

$$= \frac{8.067 \times 10^{17}}{365 \times 24 \times 60 \times 60} = 2.558 \times 10^{10}$$

1 সেকেণ্ডে 3.7×10^{10} সংখ্যক পরমাণুর বিভাজন হলে তেজস্ক্রিয়তা হয় 1 কুরী

1 সেকেণ্ডে 2.558×10^{10} সংখ্যক পরমাণুর বিভাজন হলে **তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ**

$$= \frac{2.558 \times 10^{10}}{3.7 \times 10^{10}} = 0.6911 \text{ কুরী।}$$

12. ${}^{20}_{10}Ne$-এর পরীক্ষালব্ধ পারমাণবিক ওজন 19.993 পা. ভ. এ.। যত সংখ্যক প্রোটন, নিউট্রন, ইলেকট্রন সমবায়ে এই মৌলের পরমাণু গঠিত তাদের সম্মিলিত ভর (পা. ভর. এককে) কি 19.993 ? যদি দুটি মান এক না হয় তবে ভরের এই পার্থক্যের কারণ কি হতে পারে ? ${}^{20}Ne$-এর ক্ষেত্রে প্রতি মোল পিছু নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তির পরিমাণ ক্যালোরিতে নির্ণয় কর।

সমাধান: ${}^{20}_{10}Ne$-এ প্রোটন সংখ্যা 10, ইলেকট্রন সংখ্যা 10 এবং নিউট্রন সংখ্যাও $(20 - 10) = 10$

পারমাণবিক ভর এককে:

10টি প্রোটনের ভর $= 1.00727 \times 10 = 10.0727$

10টি নিউট্রনের ভর $= 1.00867 \times 10 = 10.0867$

10টি ইলেকট্রনের ভর $= 0.00055 \times 10 = 0.0055$

এদের মোট ভর $= 20.1649$

কিন্তু ${}^{20}Ne$-এর পরীক্ষালব্ধ পাঃ ওজন $= 19.993$ পাঃ ভর একক

(গণনা করা পাঃ ওজন) − (পরীক্ষালব্ধ পাঃ ওজন) = 0.1719 পাঃ ভ. এ.। এই পার্থক্যের কারণ হল কিছু ভর (এই ভরপার্থক্যকে **mass-defect বা ভর-ত্রুটি বলে**) শক্তিতে

রূপান্তরিত হয়ে নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তিরূপে থেকে যায়। আইনস্টাইনের সমীকরণের সাহায্যে এই শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

$E = mc^2$ এখানে ভর $m = 0{\cdot}1719$ পাঃ ভ. এ.

$= 0{\cdot}1719 \times 1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

$c =$ আলোর গতিবেগ $= 3 \times 10^{10}$ সে.মি./সেকেণ্ড

$\therefore\ E = 0{\cdot}1719 \times 1{\cdot}66 \times 10^{-24} \times (3 \times 10^{10})^2$ গ্রাম × সে.মি.^{2}/সেকেণ্ড^2

$= 2{\cdot}567 \times 10^{-4}$ আর্গ।

এক মোল, অর্থাৎ 1 গ্রাম-পরমাণু নিয়নের ক্ষেত্রে, নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তির পরিমাণ

$= 2{\cdot}567 \times 10^{-4} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ আর্গ

$= \dfrac{2{\cdot}567 \times 6{\cdot}023 \times 10^{19}}{4{\cdot}2 \times 10^{7}}$ ক্যালোরি

(কারণ 1 ক্যালোরি $= 4{\cdot}2 \times 10^7$ আর্গ)

$= 3{\cdot}682 \times 10^{12}$ ক্যালোরি।

অনুশীলনী

1. তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কারের ইতিহাস সংক্ষেপে বর্ণনা কর। "তেজস্ক্রিয়তা" নামকরণ কে করেন? কয়েকটি প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌলের নাম কর।

2. তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা দাও। তেজস্ক্রিয়তার কারণ কি?
"তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পরমাণুর ধর্ম"—সংক্ষেপে এ সম্পর্কে আলোচনা কর।

3. প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত তেজস্ক্রিয় রশ্মি যে তিন ধরনের রশ্মি সমবায়ে গঠিত কিভাবে তা দেখানো যায়? এ সম্পর্কিত পরীক্ষাটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। তিন ধরনের রশ্মির তিনটি প্রধান প্রধান ধর্মের উল্লেখ কর।

4. নীচের তেজস্ক্রিয় বিভাজন শ্রেণীটিতে তেজস্ক্রিয় মৌল A থেকে D মৌলে পরিবর্তনের ধাপগুলি দেখানো হলঃ

$$A \xrightarrow{-\alpha} B \xrightarrow{-\beta} C \xrightarrow{-\beta} D$$

পর্যায়-সারণীতে A মৌলের অবস্থান গ্রুপ III A-তে হলে D-এর অবস্থান কোন্ গ্রুপে হবে? D-এর ভরসংখ্যা A-এর ভরসংখ্যা থেকে কত কম বা বেশী হবে?

তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি নমুনা থেকে নির্গত তেজস্ক্রিয় রশ্মিকে বিশ্লেষণ করে α, β, γ, তিন প্রকার রশ্মিরই অস্তিত্ব প্রমাণিত হল। এ থেকে কি সিদ্ধান্তে আসা যায়?
[**উত্তর-আভাষ (দ্বিতীয় অংশ)ঃ নমুনাতে নিশ্চয়ই একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌল বর্তমান,** কারণ একটি নির্দিষ্ট তেজস্ক্রিয় মৌল কেবল α কণা বা কেবল β কণা নির্গত করতে পারে, γ রশ্মি অবশ্য α বা β কণা নির্গত হবার পর যে কোন তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত হতে পারে—কোন একটি মাত্র তেজস্ক্রিয় মৌল থেকেই α এবং β উভয় প্রকার কণাই নির্গত হতে পারে না।]

5. তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য কি কি?
(H. S., 1980, 1982)
কোন কোন মৌল তেজস্ক্রিয় অথচ গোল্ড (Au)-এর মত অপর কিছু মৌল তেজস্ক্রিয় নয় কেন বল। (H. S., 1982)

6. (a) দুটি তেজস্ক্রিয় মৌলের নাম লেখ। নীচের তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন দুটিতে

উৎপন্ন মৌল দুটির ভরসংখ্যা ও পরমাণু ক্রমাঙ্ক উল্লেখ করে পরিবর্তন দুটি সম্পূর্ণ কর।

$$^{238}_{92}A \xrightarrow{-\text{একটি } \alpha \text{ কণিকা}} B \; ; \quad ^{210}_{82}C \xrightarrow{-\text{একটি } \beta \text{ কণিকা}} D$$

(H. S., 1982)

(b) X^A_Z একটি তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে প্রথমে একটি আলফা কণা ও পরে একটি বিটা কণা নির্গত হলে যে নতুন মৌলের সৃষ্টি হবে তার ভরসংখ্যা ও পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কত হবে? (H. S., 1983)

(c) একটি গ্যাসের মধ্য দিয়ে আলফা কণিকার স্রোত পাঠালে গ্যাসটির কি পরিবর্তন লক্ষিত হয়? তেজস্ক্রিয় বিকিরণে পরমাণুর কোন্ অংশ থেকে বিটা কণা নির্গত হয়? তেজস্ক্রিয় মৌলের তেজস্ক্রিয়তা একেবারে নিঃশেষ হলে কোন্ মৌলের উৎপত্তি হয়? (H. S., 1983)

7. তেজস্ক্রিয়তা ধর্মের কারণ কি? 1 গ্রাম রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা 1 কুরী। ঐ পরিমাণ রেডিয়ামকে সম্পূর্ণরূপে রেডিয়াম সালফেট যৌগে পরিবর্তিত করা হল। রেডিয়াম সালফেটে কি তেজস্ক্রিয়তা বর্তমান থাকবে? থাকলে ঐ পরিমাণ রেডিয়াম সালফেটে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ কত হবে?

[**উত্তর-আভাষ: তেজস্ক্রিয়তা ধর্মের কারণ:** তেজস্ক্রিয়তা মৌলের পরমাণু-কেন্দ্রীনের ধর্ম —তেজস্ক্রিয়তা ধর্মের কারণ পরমাণু-কেন্দ্রীনের গঠনে নিহিত। পরমাণু-কেন্দ্রীনে মূলত দুই ধরনের বল কার্যকরী—একটি হল নিউক্লীয় কণাসমূহকে একত্রে ধরে রেখেছে যে নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তি সেইটি এবং অপরটি হল প্রোটনগুলির পরস্পরের মধ্যেকার বিকর্ষণী বল। সুস্থিত পরমাণু-কেন্দ্রীনে নিউক্লীয় বন্ধনী শক্তি বিকর্ষণী বলের তুলনায় অনেক প্রবলতর। কিন্তু মৌলসমূহের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধি পাবার সাথে সাথে বিকর্ষণী বলের মাত্রা ক্রমশঃ বাড়তে থাকে—নিউক্লীয় কণাগুলিকে একত্রে ধরে রাখার জন্য ক্রমশঃ অধিক সংখ্যক নিউট্রনের প্রয়োজন হয়। প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সুস্থিতির জন্য নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যার একটি নির্দিষ্ট মানের পাল্লা আছে, n/p অনুপাত, তার বাইরে গেলেই পরমাণু-কেন্দ্রীন দুঃস্থিত হয়ে পড়ে এবং হয় একটি α কণা নতবা একটি β কণা নির্গমনের মাধ্যমে n/p অনুপাতটিকে সুস্থিতির পক্ষে অনুকূল মানে আনতে চেষ্টা করে অর্থাৎ এই সব মৌলই তেজস্ক্রিয় হয়। তাহলে উচ্চ পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং গুরু পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট মৌলগুলির পরমাণুতে n/p অনুপাত কেন্দ্রীনের সুস্থিতির পক্ষে অনুকূল মানের মধ্যে না থাকাতেই পরমাণু-কেন্দ্রীন দুঃস্থিত হয় এবং স্বতঃস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত করে। (বিস্তৃতভাবে এ সম্পর্কে জানবার জন্য কেন্দ্রীনের গঠন-সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)]

8. নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি ঠিক কোন্‌টি ভুল বল:

(a) γ রশ্মি পরা-চার্জবাহী।

(b) α কণা হল দুটি ইলেকট্রন-হারা হিলিয়াম পরমাণু।

(c) কোন গ্যাসকে আয়নিত করার ক্ষমতা β রশ্মির α রশ্মির তুলনায় বেশী।

(d) α, β, γ রশ্মির মধ্যে ভেদ-ক্ষমতা γ রশ্মির সবচেয়ে বেশী।

(e) β কণা হল নিম্নগতিবেগ সম্পন্ন ইলেকট্রন কণা।

(f) γ রশ্মির ভরবেগ খুবই বেশী।

(g) α কণার ভরবেগ খুবই বেশী।

(h) কোন মৌল থেকে α কণা নির্গত হলে নতন মৌল উৎপন্ন হয়।

(i) কোন মৌল থেকে β কণা নির্গত হলে কোন নতন মৌল উৎপন্ন হয় না।

(j) তেজস্ক্রিয়তা কোন মৌলের স্বাভাবিক ধর্ম। তেজস্ক্রিয়তা কখনও মৌলে সঞ্চারিত (induce) করা যায় না।

(k) মৌল থেকে নির্গত হবার পর α কণা পারিপার্শ্বিক পরিবেশ থেকে ইলেকট্রন নিয়ে হিলিয়ামে পরিণত হয়।

(l) β কণা পরমাণু-কেন্দ্রীন থেকে নির্গত হয়।

(m) β কণা নির্গমন হয় পরমাণু-কেন্দ্রীনে একটি প্রোটন নিউট্রনে পরিবর্তিত হবার ফলে।

9. যে তিনটি মূল-কণা সমন্বয়ে মৌলের পরমাণু গঠিত তাদের নাম লেখ। এই তিনটি মূল-কণার সংগে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ও পারমাণবিক গুরুত্বের সম্পর্ক কি? 35 ভরসংখ্যার ক্লোরিন এবং 37 ভরসংখ্যার ক্লোরিনের পরমাণুতে তিন মূল-কণার সংখ্যা কারণসহ নির্দেশ কর। (ক্লোরিনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 17) (H. S., 1978)

[উত্তর-আভাষঃ পাঃ গুরুত্বের সংগে মূল কণা তিনটির সম্পর্কঃ পারমাণবিক গুরুত্ব = পরমাণুতে বর্তমান প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের মোট ভর—পারমাণবিক ভর এককে। কোন মৌলের পরমাণুতে যদি x সংখ্যক প্রোটন, y সংখ্যক নিউট্রন এবং x সংখ্যক ইলেকট্রন (প্রোটন সংখ্যা = ইলেকট্রন সংখ্যা) থাকে তবে ঐ মৌলের পাঃ গুরুত্ব = $(x \times 1.00727 + y \times 1.00867 + x \times 0.0005486)$ পা. ভ. এ.।

তবে এইভাবে নির্ণীত পাঃ গুরুত্ব প্রকৃত পাঃ গুরুত্ব অপেক্ষা সামান্য বেশী হয়। কারণ ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন থেকে পরমাণু গঠিত হবার কালে কিছু ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।]

10. কিভাবে জানা যায় যে ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রন পরমাণু গঠনের সাধারণ উপাদান? নিউট্রন এবং গামা রশ্মির মধ্যে কোন বৈসাদৃশ্য বা সাদৃশ্য আছে কি?
ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রনের ধর্ম সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর। পরমাণুতে এই কণাগুলির কোন্‌টির কোথায় অবস্থান?

11. পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত রাদারফোর্ডের মডেলটি কিরূপ? যে পরীক্ষাটি থেকে রাদারফোর্ড এই মডেল উপস্থাপিত করতে সক্ষম হন সেই পরীক্ষাটি কি নামে অভিহিত হয়? ঐ পরীক্ষাটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর এবং পরীক্ষাটি থেকে রাদারফোর্ড যে যে সিদ্ধান্তে উপনীত হন সেগুলির উল্লেখ কর।

12. রাদারফোর্ডের পারমাণবিক মডেল এবং সৌরজগতের চিত্রের মধ্যে একটি তুলনামূলক আলোচনা কর। রাদারফোর্ড মডেলের ত্রুটি কি কি?

13. বোরের স্বীকার্যসমূহ বিবৃত কর। ইলেকট্রনের স্থির কক্ষপথ বলতে কি বোঝা যায়? পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত বোরের মডেলের গুণ-ত্রুটি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

14. নিউক্লীয়ন (Nucleon) কাদের বলে? প্রোটন এবং নিউট্রনের ধর্মের উল্লেখ কর।

15. সমস্থানিক কাদের বলে? সমস্থানিকতার (Isotopy) কারণ কি? কয়েকটি তেজস্ক্রিয় এবং অ-তেজস্ক্রিয় সমস্থানিকের উদাহরণ দাও।

16. পার্থক্য নির্দেশ করঃ

(a) আইসোটোপ এবং আইসোবার।

(b) ভরসংখ্যা এবং পারমাণবিক ভর।

(c) আইসোটোপ এবং আইসোটোন।

17. নীচের পরমাণুগুলির কেন্দ্রীনে কয়টি প্রোটন এবং কয়টি নিউট্রন থাকে?

(a) $^{32}_{16}S$, (b) $^{40}_{20}Ca$, (c) $^{56}_{26}Fe$, (d) $^{118}_{50}Sn$, (e) $^{208}_{82}Pb$

18. নীচের আইসোটোপ জোড়গুলির প্রতিটির পরমাণু-কেন্দ্রীনে কয়টি প্রোটন এবং কয়টি নিউট্রন আছে?

(a) $^{64}_{30}Zn$ এবং $^{66}_{30}Zn$ (b) $^{40}_{20}Ca$ এবং $^{44}_{20}Ca$

(c) $^{200}_{80}Hg$ এবং $^{201}_{80}Hg$ (d) $^{79}_{35}Br$ এবং $^{80}_{35}Br$

(e) $^{238}_{92}U$ এবং $^{235}_{92}U$ (f) $^{234}_{90}Th$ এবং $^{232}_{90}Th$

19. নীচে কয়েকটি মৌলের পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষের উপকক্ষীয় ইলেকট্রন বিন্যাস দেওয়া হল। এই বিন্যাস দেখে মৌলটির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং নাম বলঃ

(a) $3s^1$ (b) $3p^4$ (c) $2p^4$ (d) $3p^6$

এই মৌলগুলির প্রতিটির সম্ভাব্য যোজ্যতা কত হতে পারে?

20. নীচে কয়েকটি মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক দেওয়া আছে। এদের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস কেমন হবে লিখে দেখাওঃ

(a) 11, (b) 18, (c) 24, (d) 29, (e) 58.

একটি মৌলের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$। এর পরমাণু ক্রমাঙ্ক কত? এর পারমাণবিক গুরুত্ব যদি 31 হয় তাহলে এর পরমাণুতে কয়টি ইলেকট্রন, কয়টি প্রোটন এবং কয়টি নিউট্রন বর্তমান? এর যোজ্যতা কত হতে পারে? পর্যায়-সারণীতে এর স্থান কোন্ পর্যায় এবং কোন্ শ্রেণীতে?

21. প্রকৃতিতে প্রাপ্ত কার্বনের দুটি আইসোটোপ A ও B পাওয়া যায় যাদের পারমাণবিক ভর যথাক্রমে 12 এবং 13 0034 পারমাণবিক ভর একক। কার্বনের একটি নমুনা যার পারমাণবিক ভর 12.01112 তাতে ঐ আইসোটোপ দুটির শতকরা পরিমাণ কত হবে? (I. I. T., 1967)

(উঃ A→99.88%, B→1.12%)

22. একটি নির্দিষ্ট মৌলের আইসোটোপগুলির রাসায়নিক ধর্ম অনুরূপ কেন বল। (H. S., 1980)

প্রায় কোন মৌলেরই পারমাণবিক ভর পূর্ণসংখ্যা নয় কেন? পারমাণবিক ওজন পরমাণুতে বর্তমান ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রনের মিলিত ভর অপেক্ষা সাধারণত কম হয় কেন?

23. 7 মিলিগ্রাম ^{14}C এর মধ্যে উপস্থিত (i) মোট নিউট্রনের সংখ্যা, (ii) নিউট্রন কণার মোট ভর নির্ণয় কর। ধরে নাও 1টি নিউট্রনের ভর 1টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের সমান।

[**উত্তর-আভাষঃ** ^{14}C পরমাণুতে নিউট্রন সংখ্যা = (ভরসংখ্যা — পরমাণু-ক্রমাঙ্ক)
$= (14 - 6) = 8.$

7 মি. গ্রা. ^{14}C-এ পরমাণুর সংখ্যা $= \dfrac{6.023 \times 10^{23} \times 7}{14 \times 10^3} = 3.0115 \times 10^{20}$

7 মি. গ্রা. ^{14}C-এ নিউট্রন সংখ্যা $= 3.0115 \times 8 \times 10^{20}$

ঐ সংখ্যক নিউট্রনের ওজন $= 3.0115 \times 8 \times 1.008 \times 1.66 \times 10^{-24} \times 10^{20}$ গ্রাম]

24. হাইড্রোজেনের পারমাণবিক বর্ণালীতে যে পাঁচটি রেখাগুচ্ছ দৃশ্যমান হয় সেগুলির উৎস সম্পর্কে বোরের মতানুসারে ব্যাখ্যা উপস্থাপিত কর।

25. নীচের নমুনাগুলির ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লেখ এবং বল এগুলির মধ্যে কোন্গুলি সমসংখ্যক ইলেকট্রন সমন্বিত (isoelectronic)?

K^+, Na^+, Mg^{2+}, S^{2-}, Ne, Ar, Al^{3+}, O^{2-}, Ca^{2+}.



পর্যায়-সারণী 2

[PERIODIC TABLE]

Syllabus : Mendeleev's Periodic Law. Periodicity of properties of elements. Significance of groups and sub-groups. Defects in Mendeleev's Periodic Table. Description of the periodic table on the basis of electronic arrangement. Electronegativity (Qualitative concept only with examples) ; its variation along periods, groups and sub-groups in the periodic table.

2.1 সূচনা (Introduction)

জল, বায়ু, আকাশ, মাটি নিয়ে এই যে অসীম বিশ্বপ্রকৃতি—এর মাঝে কতই না বৈচিত্র্য। কিন্তু এই বহুতর বৈচিত্র্যের মাঝেও সেই অনাদি কাল থেকেই মানুষ খুঁজতে চেয়েছে ছন্দ, খুঁজতে চেয়েছে মিল ! বলা যেতে পারে পর্যায়-সারণীও মানুষের এই ধরনের প্রচেষ্টার একটি ফসল।

প্রাকৃতিক ও মনুষ্যসৃষ্ট মৌল নিয়ে বর্তমানে স্বীকৃত মৌলের সংখ্যা 103। প্রতিটি মৌলেরই স্বকীয় বৈশিষ্ট্য আছে। কোন মৌল কঠিন, কোনটি তরল, কোনটি বা গ্যাসীয়; আবার প্রতিটি মৌলের পৃথক পৃথক ধর্মও বর্তমান। তবুও দেখা যায়, একদল মৌলের মধ্যে ধর্মগত মিল বর্তমান। এদের ধর্ম অন্য একদল মৌল থেকে আলাদা, যদিও দ্বিতীয় দল মৌলের নিজেদের মধ্যে ধর্মগত মিল থাকতে পারে। ধর্মগত মিলের ভিত্তিতে মৌলসমূহের শ্রেণীবিন্যাস প্রচেষ্টা চলে আসছে বহুকাল থেকেই। বহুতর প্রচেষ্টার মধ্যে পারমাণবিক ওজনের ভিত্তিতে শ্রেণীবিন্যাসের প্রচেষ্টা শুরু হয় বলা যেতে পারে 1829 সালে ডবারাইনারের ত্রয়ীসূত্র (Law of Triads) থেকে।

ত্রয়ীসূত্র (Law of Triads) : রাসায়নিকভাবে সদৃশ প্রতি তিনটি মৌল শ্রেণীর মাঝের মৌলটির পারমাণবিক ওজন মোটামুটিভাবে অপর মৌলদ্বয়ের পারমাণবিক ওজন দুটির গড়। এই সূত্রের ভিত্তিতে ডবারাইনার কয়েকটি মৌলকে তালিকাকারে সাজান। যেমন—

Li	7	Ca	40	S	32	Cl	35·5
Na	23	Sr	88	Se	78	Br	80
K	39	Ba	137	Te	125	I	127

[প্রতিটি মৌলের প্রতীক চিহ্নের ডান দিকে মৌলের পারমাণবিক ওজন আনুমানিক দেখানো হয়েছে।]

কিন্তু এই সূত্রের ভিত্তিতে খুব বেশী সংখ্যক মৌলের বিন্যাস সম্ভবপর নয়। এর পর, 1864 সালে প্রদত্ত নিউল্যান্ডের অক্টেভ সূত্রের উল্লেখ করা যেতে পারে।

নিউল্যাণ্ডের অক্টেভ সূত্র (Newland's law of Octaves) :

ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী মৌলগুলিকে পর পর সাজালে, কোন একটি মৌল থেকে শুরু করে প্রতি অষ্টম মৌলটি ধর্মগতভাবে প্রথম মৌলটির অনুরূপ, যেমন স্বরগ্রামের অষ্টম স্বরটি প্রথম স্বরের পুনরাবৃত্তি মাত্র (স্মর্তব্য : সা রে গা মা পা ধা নি সা—অষ্টম স্বর সা—প্রথম স্বর সা-এর পুনরাবৃত্তি)। যেমন—

H	Li	Be	B	C	N	O	F	Na
1	2	3	4	5	6	7	8	9

(মনে রাখতে হবে নিষ্ক্রিয় মৌলগুলি তখনও আবিষ্কৃত হয় নি।)

এখানে H থেকে শুরু করে অষ্টম মৌল F এবং Li থেকে শুরু করে অষ্টম মৌল Na। প্রথম জোড় মৌলের নিজেদের মধ্যে এবং দ্বিতীয় জোড় মৌলের নিজেদের মধ্যে ধর্মগত মিল আছে। নিউল্যান্ডের অক্টেভ সূত্র অনুযায়ী মৌলগুলির বিন্যাস বিস্তৃততরভাবে 2.1নং সারণীতে দেখানো হল (পৃঃ 54)।

নিউল্যান্ড যখন তাঁর সূত্রটি দেন তখন অনেক মৌলেরই সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণীত হয়েছে, কাজেই তিনি বিভিন্ন মৌলকে তাঁর সূত্র অনুযায়ী বিন্যস্ত করতে সমর্থ হন। কিন্তু, এইভাবে মৌলগুলিকে বিন্যস্ত করলে দেখা যায়, সূত্রটি যদিও প্রথম দিকের মৌলগুলির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয়, শেষের দিকের মৌলগুলির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয় না।

সারণী 2.1 : মৌলসমূহের বিন্যাস সম্পর্কিত নিউল্যাণ্ডের সারণী

H 1	F 8	Cl 15	Co, Ni 22	Pr 29	Pd 35	I 42	Pt, Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Ca 44	Tl 53
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 25	Sr 31	Cd 38	Ba V 45	Pb 54
Bo 4	Al 11	Ci 19	Y 24	Ce, La 33	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di, Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Te 21	Se 28	Ro, Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

2.2 মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সূত্র (Mendeleev's Periodic Law)

1869 সালে রাশিয়ার বিজ্ঞানী মেণ্ডেলিফ তাঁর বিখ্যাত পর্যায়-সূত্রটি প্রকাশ করেন। সূত্রটি এইরূপ : **মৌলসমূহের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম মৌলগুলির পারমাণবিক ওজনের উপর পর্যাবৃত্তভাবে নির্ভরশীল**। এর অর্থ হল—ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলগুলিকে পর পর বিন্যস্ত করলে একটি মৌলের ধর্ম অন্য মৌলের ধর্ম থেকে পৃথক হবে, কিন্তু নির্দিষ্ট পর্যায় পরে একইরূপ ধর্ম পুনরায় প্রতিভাত হবে।



ডিমিট্রি মেণ্ডেলিফ (1834—1907)

মেণ্ডেলিফ যখন তাঁর পর্যায়-সূত্রটি দেন প্রায় একই সময়ে (1870) জার্মান বিজ্ঞানী লোথার মায়ারও (Lothar Meyer) সম্পূর্ণ স্বতন্ত্রভাবে অনুরূপ সূত্র দেন। পর্যায়-সূত্রের উদ্গাতা হিসাবে তাই দুই বিজ্ঞানীরই সমান সম্মান প্রাপ্য। প্রকৃতপক্ষে 1882 সালে রয়্যাল সোসাইটি মেণ্ডেলিফ এবং লোথার মায়ার দুজনকেই পর্যায়-সূত্রের বিষয়ে গবেষণার স্বীকৃতি স্বরূপ ডেভি মেডেল প্রদানে সম্মানিত করেন। তবে মেণ্ডেলিফ সামান্য আগে তাঁর গবেষণা পত্রটি প্রকাশ করেন বলে পর্যায়-সূত্রের সঙ্গে মেণ্ডেলিফের নামই সচরাচর উচ্চারিত হয়ে থাকে।

তাঁর এই পর্যায়-সূত্রকে ভিত্তি করে মেণ্ডেলিফ বিভিন্ন মৌলগুলিকে একটি সারণী বা তালিকায় সাজান, এই সারণীকে বলা হয় **মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণী**।

Periods
I
II
III
IV
V
VI
VII
High oxid
Volat hydri
* Lantha
** Actini

প্রশ্ন : 2.1 মৌলসমূহকে পর্যায়-সারণীতে বিন্যস্ত করবার আদৌ কোন প্রয়োজন ছিল কি ?

2.2 প্রকৃততে প্রাপ্ত এবং মনুষ্যসৃষ্ট মৌল নিয়ে মোট কয়টি মৌল এখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত হয়েছে ?

2.3 নীচে তিনটি করে মৌল দেওয়া আছে যারা ধর্মের দিক থেকে রাসায়নিক ভাবে সদৃশ বলা যায়। ত্রয়ীসূত্র অনুযায়ী এই মৌলগুলিকে যথাযথভাবে সাজাও। মৌলগুলির আনুমানিক (approximate) পাঃ ওজন প্রতীক চিহ্নের পাশে দেওয়া হল :

(a) Ca 40, Be 9, Mg 24 (b) Si 28, Sn 118, Ge 73

(c) As 75, P 31, Sb 122

2.4 পাঃ ওজনের ভিত্তিতে মৌলসমূহের শ্রেণীবিন্যাসের প্রচেষ্টা কবে থেকে শুরু হয় বলা যেতে পারে ?

2.5 নিউল্যান্ডস-এর ... ষ্বরগ্রামের সঙ্গে মৌলসমূহের ধর্মের পুনরাবৃত্তির সাদৃশ্য সম্পর্কে যে সূত্রটিতে আলোচনা করা হয়েছে সেটির নাম কি ? ঐ সূত্রটি বিবৃত কর।

2.6 "মৌলসমূহের ধর্ম মৌলগুলির পাঃ ওজনের উপর পর্যাবৃত্তভাবে নির্ভরশীল"—এ বিবৃতির অর্থ কি ?

2.3 মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণী (Mendeleev's Periodic Table)

1869 সালেই মেণ্ডেলিফ তাঁর সারণীটি প্রকাশ করেন, কিন্তু 1871 সালে তিনি নিজেই তাঁর প্রথম সারণীটিকে পরিবর্তিত আকারে প্রকাশ করেন (এই সারণীগুলি অবশ্য দেখানো হল না)। মেণ্ডেলিফের সারণী প্রকাশ কালে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি আবিষ্কৃত হয় নি, তাছাড়া অনেক মৌলই তখনও পর্যন্ত অনাবিষ্কৃত (তখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত মৌলের সংখ্যা মাত্র 63)। কাজের মেণ্ডেলিফের মূল সারণীতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলিকে দেখানো হয় নি এবং তখনও পর্যন্ত অনাবিষ্কৃত অনেক মৌলের জন্য মেণ্ডেলিফ তাঁর সারণীর কয়েকটি স্থান ফাঁকা রাখেন। এমন কি ঐ সকল মৌল ভবিষ্যতে আবিষ্কৃত হলে তাদের ধর্ম কিরূপ হবে সে সম্পর্কেও মেণ্ডেলিফ আগে থেকেই ধারণা দেন। পরবর্তী কালে ঐ সকল মৌল আবিষ্কৃত হলে মেণ্ডেলিফের ধারণার সঠিকতা প্রমাণিত হয়েছে। এর থেকে মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সূত্র এবং পর্যায়-সারণীর সার্থকতার প্রমাণ মেলে।

পর্যায় এবং গ্রুপ : মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণী কয়েকটি অনুভূমিক সারি (horizontal rows) এবং কয়েকটি উল্লম্ব কলমে (Vertical columns) বিভক্ত। অনুভূমিক সারিগুলি পর্যায় এবং উল্লম্ব কলমগুলি গ্রুপ হিসাবে পরিচিত। সারণীতে মৌলগুলিকে তাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী এমনভাবে সাজানো হয়েছে যাতে অনুরূপ ধর্ম সম্পন্ন মৌলগুলি একই গ্রুপে থাকে।

মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর আধুনিক ভাষ্যরূপে (সারণী 2.2 : পৃঃ 56) রয়েছে 7টি পর্যায় এবং 9টি গ্রুপ (গ্রুপগুলি চিহ্নিত রোমান সংখ্যা I থেকে VIII এবং 0 দ্বারা)। মূল সারণীর সঙ্গে অতিরিক্ত একটি গ্রুপ (গ্রুপ 0) সংযুক্ত করে ঐ গ্রুপে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলিকে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে।

সারণীর বর্ণনা :

(1) প্রথম পর্যায়ে আছে 2টি মৌল, এই পর্যায়কে বলে অতি হ্রস্ব পর্যায়।

(2) দ্বিতীয় এবং তৃতীয় পর্যায়ের প্রতিটিতে আছে 8টি করে মৌল। এই দুটি পর্যায়কে যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় হ্রস্ব পর্যায় বলে।

(3) চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ের প্রতিটিতে বর্তমান 18টি মৌল। এই দুটি পর্যায় যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় দীর্ঘ পর্যায়রূপে পরিচিত।

(4) ষষ্ঠ পর্যায়ে আছে 32টি মৌল, এটিকে বলে প্রথম অতি-দীর্ঘ পর্যায়।

(5) সপ্তম পর্যায়কে বলে দ্বিতীয় অতি-দীর্ঘ পর্যায়। এটি অসম্পূর্ণ, এটিতেও 32টি মৌল থাকতে পারে, তবে সব মৌল এখনও আবিষ্কৃত হয় নি, এখন পর্যন্ত এই পর্যায়ে রয়েছে 17টি মৌল (সর্বশেষে আবিষ্কৃত দুটি মৌল হ্যানিয়াম এবং কুরচ্যাটোভিয়ামকে ধরলে অবশ্য 19টি মৌল)।

জোড় শ্রেণী এবং বিজোড় শ্রেণী (Even and odd series) : প্রতিটি দীর্ঘ পর্যায় (শেষের অসম্পূর্ণ অতি-দীর্ঘ পর্যায়টি ছাড়া) জোড় এবং বিজোড় এই দুটি সিরিজ বা শ্রেণীতে বিভক্ত। জোড় ক্রমিক সংখ্যার শ্রেণী জোড় শ্রেণী এবং বিজোড় ক্রমিক সংখ্যার শ্রেণী বিজোড় শ্রেণী। মোট শ্রেণী 10টি। দীর্ঘ পর্যায়ের প্রথম সাতটি মৌলকে জোড় শ্রেণী এবং শেষের সাতটি মৌলকে বিজোড় শ্রেণীতে রাখা হয়।

সারণী 2.2 : মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর আধুনিক ভাষ্যরূপ

পর্যায়	শ্রেণী	গ্রুপ I (A B)	II (A B)	III (A B)	IV (A B)	V (A B)	VI (A B)	VII (A B)	VIII	0
1	1	H 1 1.00797								He 2 4.0026
2	2	Li 3 6.939	Be 4 9.0122	B 5 10.811	C 6 12.0112	N 7 14.0067	O 8 15.999	F 9 18.998		Ne 10 20.183
3	3	Na 11 22.9898	Mg 12 24.312	Al 13 26.981	Si 14 28.086	P 15 30.974	S 16 32.064	Cl 17 35.453		Ar 18 39.944
4	4	K 19 39.102	Ca 20 40.08	Sc 21 44.956	Ti 22 47.90	V 23 50.942	Cr 24 51.996	Mn 25 54.938	Fe 26 Co 27 Ni 28 55.847, 58.933, 58.71	
	5	Cu29 63.54	Zn 30 65.37	Ga 31 69.72	Ge 32 72.59	As 33 74.922	Se 34 78.96	Br 35 79.909		Kr 36 83.80
5	6	Rb 37 85.47	Sr 38 87,62	Y 39 88.905	Zr 40 91.22	Nb 41 92.90	Mo 42 95.94	Tc 43 99	Ru 44 Rh45 Pd 46 101.07, 102.905, 106.4	
	7	Ag 47 107.87	Cd 48 112.4	In 49 114.82	Sn 50 118.6	Sb 51 121.75	Te 52 127.6	I 53 126.9		Xe 54 131.3
6	8	Cs 55 132	Ba 56 137.34	La 57* 138.91	Hf 72 178.49	Ta 73 180.948	W 74 183.85	Re 75 186.2	Os 76 Ir 77 Pt 78 190.2, 192.2, 195	
	9	Au 79 196.96	Hg 80 200.59	Tl 81 204.37	Pb 82 207.19	Bi 83 209.98	Po 84 210	At 85 210		Rn 86 222
7	10	Fr 87 223	Ra 88 226.05	Ac 89** 227	Th 90		U 92			

*ল্যান্থানাইড শ্রেণী (58-71)	Ce58 140.12	Pr 59 140.907	Nd 60 144.24	Pm 61 147	Sm 62 150.35	Eu 63 151.96	Gd 64 157.25	Tb 65 158 92	Dy 66 162.5	Ho 67 164.93	Er 68 167.26	Tm 69 168.93	Yb 70 173.04	Lu 71 174.97
**অ্যাকটিনাইড শ্রেণী (90-103)	Th 90 232.038	Pa 91 231	U 92 238.03	Np 93 237	Pu 94 242	Am 95 243	Cm 96 247	Bk 97 247	Cf 98 251	E 99 254	Fm100 253	Mv101 256	No102 254	Lw103 257

প্রতিটি মৌলের পাশে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং নীচে পারমাণবিক ওজন ($^{12}C=12$ এই স্কেলে) দেওয়া আছে।

সাব-গ্রুপ (Sub-group) : গ্রুপ 0 এবং গ্রুপ VIII ব্যতীত প্রতি গ্রুপকে আবার দুটি সাব-গ্রুপ A এবং B-তে ভাগ করা হয়েছে। দীর্ঘ পর্যায়গুলির ক্ষেত্রে জোড় শ্রেণীর মৌলগুলি A সাব-গ্রুপে এবং বিজোড় শ্রেণীর মৌলগুলি B সাব-গ্রুপে স্থাপিত। হ্রস্ব পর্যায়গুলির ক্ষেত্রে প্রথম এবং দ্বিতীয় গ্রুপের মৌলগুলি A সাব-গ্রুপে এবং অন্যান্য গ্রুপের মৌলগুলিকে B সাব-গ্রুপে রাখা হয়েছে। দীর্ঘ পর্যায়ের একই গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির সঙ্গে ধর্মগত সাদৃশ্য বিবেচনা করেই হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলগুলিকে এইভাবে A এবং B সাব-গ্রুপে বিন্যস্ত করা হয়েছে। একই গ্রুপের A এবং B সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির মধ্যে অনেক ক্ষেত্রে একমাত্র অনুরূপ যোজ্যতা ছাড়া অন্যান্য রাসায়নিক ধর্মে খুব কমই মিল লক্ষিত হয়—তবে একই সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির নিজেদের মধ্যে যথেষ্ট ধর্মগত মিল লক্ষ্য করা যায়। যেমন গ্রুপ I-এর মৌলগুলির কথাই ধরা যাক। এক্ষেত্রে, সাব-গ্রুপ A-এর ক্ষারীয় ধাতুগুলির [Li, Na, K, Rb, Cs, Fr] সঙ্গে সাব-গ্রুপ B-এর মুদ্রা-ধাতুগুলির (coinage metals) [Cu, Ag, Au] সাদৃশ্য শুধু এইটুকুই যে ক্ষারীয় ধাতুগুলির সাধারণ যোজ্যতা 1 এবং মুদ্রা-ধাতুগুলিরও অনেক যৌগে এদের যোজ্যতা 1। কিন্তু মিল থেকে অমিলই এদের মধ্যে বেশী। এদের কয়েকটি ধর্মের তুলনামূলক চিত্র নীচের সারণী (2.3) থেকে পাওয়া যাবে :

সারণী 2.3 : গ্রুপ I-এর সাব-গ্রুপ A এবং B-এর মৌলগুলির কয়েকটি ধর্মের তুলনা :

ধর্ম	গ্রুপ IA (ক্ষারীয় ধাতু)	গ্রুপ IB (মুদ্রা-ধাতু)
(i) পরমাণুর বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রন-বিন্যাস	(i) ns^1	(i) $(n-1)d^{10}ns^1$
(ii) যোজ্যতা	(ii) 1	(ii) Cu → 1,2, (3) ; Ag→1, (2, 3 , Au→1, 3
(iii) প্রকৃতিতে প্রাপ্তি	(iii) কখনও মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না।	(iii) মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।
(iv) রাসায়নিক সক্রিয়তা এবং পরা-তাড়িতিক ধর্ম	(iv) ধাতুসমূহের মধ্যে সক্রিয়তম, উচ্চ পরা তাড়িতিক (অর্থাৎ, নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন) মৌল।	(iv) ধাতুসমূহের মধ্যে সবচেয়ে কম সক্রিয়, এজন্য এদের বর-ধাতু (noble metals) বলা হয়। নিম্ন পরা তাড়িতিক ধর্ম সম্পন্ন, ক্ষারীয় ধাতুর তুলনায় তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশী।
(v) অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডের প্রকৃতি	(v) অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড তীব্র ক্ষারকীয়।	(v) অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড মৃদু ক্ষারকীয়।
(vi) জটিল যৌগ গঠন	(iv) জটিল যৌগ গঠন করে না।	(vi) জটিল যৌগ গঠন করে এবং জটিল অ্যানায়নেও অনেক সময়ে দেখা যায়।

একই ভাবে অন্যান্য গ্রুপের সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করে দেখানো যায় যে, একই গ্রুপের দুটি সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির মধ্যে মিল অতি সামান্যই। সাধারণভাবে, **একই গ্রুপের সাব-গ্রুপ A-এর মৌলগুলি সাব-গ্রুপ B-এর মৌলগুলির তুলনায় অধিকতর পরা তাড়িতক ধর্ম সম্পন্ন বা অপেক্ষাকৃত কম তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন।** যেমন, গ্রুপ VI-তে একই পর্যায়ভুক্ত A সাব-গ্রুপের মৌল Cr এবং B সাব-গ্রুপের মৌল Se-এর মধ্যে Se-এর

তড়িৎ-ঋণাত্মকতা উচ্চতর, তেমনই গ্রুপ VII-এর A সাব-গ্রুপভুক্ত মৌল Mn B সাব-গ্রুপভুক্ত মৌল Br-এর তুলনায় অধিকতর পরা-তাড়িতিক ধর্ম সম্পন্ন।

হ্রস্ব পর্যায়গুলির ক্ষেত্রে একই গ্রুপের মৌলগুলির ধর্মে যথেষ্ট মিল লক্ষিত হয়। প্রথম ও দ্বিতীয় হ্রস্ব পর্যায়ে কোন নির্দিষ্ট মৌল থেকে শুরু করে প্রতি নবম মৌলে একইরূপ ধর্ম লক্ষিত হয়। দীর্ঘ পর্যায়গুলির ক্ষেত্রে একই গ্রুপভুক্ত জোড় শ্রেণীর মৌলগুলির নিজেদের মধ্যে এবং বিজোড় শ্রেণীর মৌলগুলির নিজেদের মধ্যে ধর্মগত যথেষ্ট মিল লক্ষ্য করা যায়, কিন্তু একই গ্রুপভুক্ত জোড় শ্রেণীর মৌলের সঙ্গে বিজোড় শ্রেণীর মৌলের ধর্মগত সাদৃশ্য সামান্যই। [প্রথম ও দ্বিতীয় হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলগুলিকে আদর্শ মৌল (typical elements) বলে।]

প্রথম দীর্ঘ পর্যায়ের জোড় শ্রেণীভুক্ত মৌল ম্যাঙ্গানিজ পর্যন্ত সারণীর প্রতিটি ঘরে (একই সাব-গ্রুপের) একটি করে মৌল স্থান পেয়েছে, কিন্তু এর পরই তিনটি মৌল Fe, Co, Ni-কে একই স্থানে গ্রুপ VIII-এ রাখতে হয়েছে এদের ধর্মগত মিলের কথা চিন্তা করে, তাছাড়া এদের পারমাণবিক ওজনগুলিও এত কাছাকাছি যে এদেরকে একটি ঘরে রাখাই যুক্তিসঙ্গত। এই মৌলগুলিকে মেন্ডেলিফ বলেন **সন্ধিগত মৌল** (transitional elements)।

দ্বিতীয় দীর্ঘ পর্যায়ে (পঞ্চম পর্যায়) জোড় শ্রেণীভুক্ত মৌল Tc-এর পর আবার মেন্ডেলিফ-কথিত সন্ধিগত মৌল তিনটি Ru, Rh, Pd গ্রুপ VIII এ একই স্থানে স্থাপিত।

ষষ্ঠ পর্যায়ে (প্রথম অতি দীর্ঘ পর্যায়) গ্রুপ IIA-তে Ba-এর পর La থেকে Lu—এই 15টি মৌলকেই গ্রুপ IIIA-তে একটিমাত্র স্থানেই রাখতে হয়েছে, এদের ধর্মগত ঘনিষ্ঠ সাদৃশ্যের জন্য। এই মৌলগুলিকে বলে Rare-earths বা বিরল মৃত্তিক মৌলসমূহ [এই শ্রেণীর অপর দুটি মৌল Sc এবং Y], এই মৌল শ্রেণীর La-এর পরবর্তী 14টি মৌলকে আবার ল্যান্থানাইড মৌল বলা হয়। এর পর আবার স্বাভাবিক ভাবেই রেনিয়াম পর্যন্ত মৌলগুলি বিন্যস্ত, তারপর মেন্ডেলিফের সন্ধিগত মৌলত্রয়ী Os, Ir, Pt একই স্থানে স্থাপিত।

সপ্তম পর্যায়টি অসম্পূর্ণ সে কথা আগেই উল্লেখ করা হয়েছে। এই পর্যায়ে অ্যাকটিনিয়ামের পরবর্তী মৌলসমূহ অ্যাকটিনাইড এবং ইউরেনিয়ামের পরবর্তী মৌলসমূহ ইউরেনিয়াম-পরবর্তী মৌল (trans-uranic elements) হিসাবে পরিচিত।

অতি হ্রস্ব পর্যায়টি বাদে অন্য পর্যায়গুলির প্রতিটি শুরু হয়েছে ক্ষারীয় ধাতু দ্বারা এবং অসম্পূর্ণ সপ্তম পর্যায়টি ব্যতীত প্রতিটি পর্যায়ের সমাপ্তি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল দ্বারা।

প্রশ্ন : 2.7 মৌলসমূহের পর্যায় সারণী বলতে কি বোঝা যায়? "পর্যায়-সারণী" কথাটির পূর্বে "মেন্ডেলিফের" এই শব্দটি যোগ করবার কোন হেতু আছে কি?

2.8 পর্যায়' কাকে বলে? 'গ্রুপ' কাকে বলে? মেন্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর আধুনিক ভাষ্যরূপে কয়টি পর্যায় এবং কয়টি গ্রুপ বর্তমান?

2.9 মেন্ডেলিফ যখন তাঁর পর্যায়-সারণী প্রস্তুত করেন তখন পর্যন্ত কয়টি মৌল আবিষ্কৃত হয়েছে? নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুল তখন আবিষ্কৃত হয়েছে কি?

2.10 "মেন্ডেলিফ-কথিত" সন্ধিগত মৌল কোন্‌গুলি?

2.11 মেন্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর আধুনিক ভাষ্যরূপের কোন্ পর্যায় বা পর্যায়সমূহকে (i) অতি-হ্রস্ব পর্যায় বলে? (ii) হ্রস্ব পর্যায় বলে? (iii) দীর্ঘ পর্যায় বলে? (iv) অতি-দীর্ঘ পর্যায় বলে?

এই সব পর্যায়ের প্রতিটিতে কয়টি করে মৌল থাকে বল এবং প্রতি পর্যায়ের প্রথম ও শেষ মৌলটির নাম কর।

2.12 অতি-হ্রস্ব পর্যায় ব্যতীত অন্য পর্যায়গুলির প্রতিটি শুরু এবং শেষ হয়েছে যে মৌলগুলিতে তাদের কি মৌল বলা হয়?

2.13 জোড় শ্রেণী এবং বিজোড় শ্রেণী বলতে কি বোঝা যায়?

2.14 মেন্ডেলিফের পর্যায়-সারণীতে (আধুনিক ভাষারূপে) প্রথম ও দ্বিতীয় হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলগুলির ক্ষেত্রে যে কোন একটি মৌল থেকে শুরু করে প্রতি **নবম** মৌলে ধর্মের পুনরাবৃত্তি লক্ষিত হয়। কিন্তু নিউল্যান্ডের অক্‌টেভ সূত্র অনুযায়ী কোন একটি মৌল থেকে শুরু করে প্রতি **অষ্টম** মৌলে ধর্মের পুনরাবৃত্তি লক্ষিত হয়। এই দুটি ঘটনা কি পরস্পর-বিরোধী নয় ?

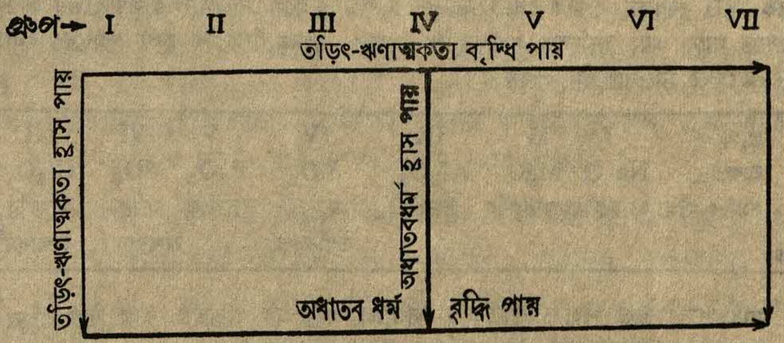
2.4 মৌলসমূহের ধর্মের পর্যাবৃত্ততা এবং পর্যায়ক্রমতা
(Periodicity of properties of elements)

পর্যায়-সারণীতে একই গ্রুপের একই সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলদের ধর্মগত সাদৃশ্য বিশেষ ভাবে লক্ষিত হয়। যেমন ঃ

হাইড্রোজেন ব্যতীত গ্রুপ IA-র সব মৌলগুলিই উচ্চ পরা-তড়িৎধর্মী ক্ষারীয় ধাতু, পরা চার্জবাহী আয়ন গঠনের প্রবণতা এদের প্রত্যেকেরই প্রবল, প্রতিটির অক্সাইড উচ্চ ক্ষারকীয় ধর্ম-সম্পন্ন, হাইড্রাইড এবং হ্যালাইড যৌগ আয়নীয়, প্রতিটি মৌলই জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ক্ষার ও হাইড্রোজেন ইত্যাদি উৎপন্ন করে। আবার; একই পর্যায়ের বা একই গ্রুপের বিভিন্ন মৌলের ধর্মগত পরিবর্তনও একটি নির্দিষ্ট ক্রম অনুসারে হয়।

(i) তড়িৎ রাসায়নিক ধর্ম (Electro-chemical character) ঃ কোন একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ের বাঁদিক থেকে ডানদিকে গ্রুপ VII পর্যন্ত অগ্রসর হলে দেখা যায় মৌলদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ধর্ম বা অধাতব ধর্ম বৃদ্ধি পায়। যেমন, প্রথম হ্রস্ব পর্যায়ের গ্রুপ IA-র Li উচ্চ পরা-তড়িৎধর্মী ধাতু, এর পর পরা-তড়িৎধর্মিতা ধীরে ধীরে কমে আসতে থাকে এবং তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বৃদ্ধি পেতে থাকে। ঐ পর্যায়ের গ্রুপ VII B-এর মৌল ফ্লুওরিন সুউচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকধর্মী অধাতু। আবার কোন একটি নির্দিষ্ট গ্রুপের উপর থেকে নীচের দিকে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ধর্ম কমে আসে, অর্থাৎ পরা-তাড়িতিক ধর্ম বৃদ্ধি পায়। যেমন, গ্রুপ VIIB-এর হ্যালোজেন মৌলগুলি যদিও উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল, তবুও ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ধীরে ধীরে কমে আসে। যার ফলে আয়োডিনে খানিকটা পরা-তড়িৎধর্ম দৃষ্ট হয়। আবার, একই গ্রুপের A সাব-গ্রুপভুক্ত মৌল পাশের B সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলের তুলনায় উচ্চতর পরা-তাড়িতিক ধর্ম সম্পন্ন হয়।

চিত্র 2.1-এ মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মক ধর্মের পর্যায়ক্রমতা দেখানো হল। (তীর চিহ্ন সব গ্রুপ বা সকল পর্যায়ের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য—বিশেষ একটি গ্রুপ বা একটি পর্যায়ে সীমায়িত নয়)।



চিত্র 2.1

(তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পর্কে পৃথকভাবে এবং বিস্তৃতভাবে এই অধ্যায়ের শেষে আলোচনা করা হয়েছে।)

(ii) যোজ্যতা : পর্যায়-সারণীতে মৌলদের যে শ্রেণীবিন্যাস সেটিকে যোজ্যতা ভিত্তিক শ্রেণীবিন্যাস বলা যেতে পারে। **কোন গ্রুপের ক্রমিক সংখ্যা ঐ গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির অক্সিজেনের প্রতি সর্বোচ্চ যোজ্যতা প্রকাশ করে।** যেমন, দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত মৌলদের ক্ষেত্রে—

গ্রুপ→	I	II	III	IV	V	VI	VII
অক্সাইড→	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
মৌলের যোজ্যতা→	1	2	3	4	5	6	7

নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির যোজ্যতা 0, কারণ এরা অন্য মৌলের সঙ্গে মিলিত হবার প্রবণতা দেখায় না বললেই চলে। সুতরাং এদের অবস্থানও গ্রুপ 0-তে।

প্রতিনিধি মৌলসমূহের (Representative elements) ক্ষেত্রে অর্থাৎ s এবং p-ব্লকভুক্ত মৌলগুলির ক্ষেত্রে (পরে দ্রষ্টব্য) এদের যোজ্যতা সাধারণত s-ব্লকভুক্ত মৌলগুলির ক্ষেত্রে x এবং p-ব্লকভুক্ত মৌলগুলির ক্ষেত্রে x বা $8-x$, যেখানে x হল পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রন সংখ্যা। (কোন কোন ক্ষেত্রে এই সূত্রের অবশ্য ব্যতিক্রম আছে)। সারণী 2.4-এ কয়েকটি মৌলের (Representative elements) সাধারণ কয়েকটি যৌগের সংকেত দেওয়া হল যা থেকে ঐ সব মৌলের সাধারণ যোজ্যতা সম্পর্কে ধারণা করা যাবে।

সারণী 2.4 : পর্যায়-সারণীর বিভিন্ন গ্রুপ-ভুক্ত প্রতিনিধি মৌলসমূহের কয়েকটি সাধারণ যৌগে ঐ মৌলগুলির যোজ্যতা :

গ্রুপ→	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B
	HCl	$BeCl_2$	BCl_3	CH_4	NH_3	H_2O	HF
	H_2O	$CaCl_2$	Al_2O_3	CO_2	N_2O_5	H_2S	HCl
	LiCl	CaO	$AlCl_3$	SiO_2	PCl_3	SF_6	Cl_2O_7
	Li_2O	SrO	$InCl_3$	SnO_2	$AsCl_3$	SeF_6	NaBı
	NaCl	BaO	$TlCl_3$	PbO_2	$SbCl_3$	HgS	KI
					BCl_3	TeF_6	

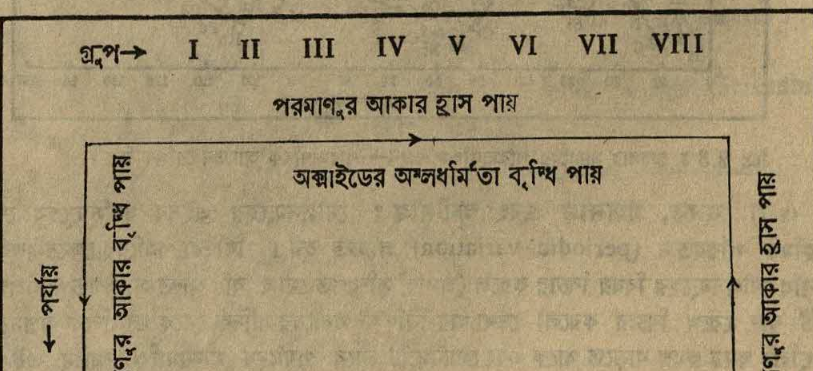
(iii) অক্সাইডের অম্লধর্মিতা ও ক্ষারকীয়তা : কোন একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ের গ্রুপ I থেকে VII পর্যন্ত বাঁদিক থেকে ডানদিকে অগ্রসর হলে মৌলগুলির অক্সাইডের ক্ষারকীয় ধর্ম হ্রাস পেতে থাকে এবং আম্লিক ধর্ম বৃদ্ধি পায়। যেমন, দ্বিতীয় হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলগুলির অক্সাইডের ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত ধর্ম লক্ষণীয় :

গ্রুপ→	I	II	III	IV	V	VI	VII
অক্সাইড→	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
ধর্ম→	উচ্চ ক্ষারকীয়	ক্ষারকীয়	উভধর্মী	মৃদু আম্লিক	আম্লিক	তীব্র অম্লধর্মী	সুতীব্র অম্লধর্মী

সাধারণত উচ্চ পরা-তাড়িতিক মৌলগুলি ক্ষারকীয় অক্সাইড এবং উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলগুলি আম্লিক অক্সাইড গঠন করে (যদিও এর ব্যতিক্রম আছে)।

একই গ্রুপের A সাব-গ্রুপের মৌলগুলির অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড সাধারণত B সাব-গ্রুপের মৌলগুলির অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডের তুলনায় অধিকতর ক্ষারকীয় ধর্ম সম্পন্ন হয় বা অপেক্ষাকৃত কম অম্লধর্মিতা সম্পন্ন হয়।

(iv) **পরমাণুর আকার** (Atomic size) **:** একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ের বাঁদিক থেকে ডানদিকে গ্রুপ VII পর্যন্ত অগ্রসর হলে পরমাণুর আকার ধীরে ধীরে কমে আসে, যেমন তৃতীয় পর্যায়ের ক্ষেত্রে Na পরমাণুর আকার সবচেয়ে বড় এবং ক্লোরিন পরমাণুর আকার সবচেয়ে ছোট। এর কারণ হল, পর্যায়ের বাঁদিক থেকে ডানদিকে অগ্রসর হলে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ নিউক্লিয়াসের পরা চার্জ বৃদ্ধি পায়, যার ফলে নিউক্লিয়াস অধিকতর শক্তিতে ইলেকট্রনগুলিকে আকর্ষণ করতে পারে, তার জন্যই পরমাণুর আকার কমে আসে। অপরপক্ষে, একই গ্রুপের মৌলগুলির ক্ষেত্রে উপর থেকে নীচের দিকে অবতরণ করলে পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায়, কারণ অতিরিক্ত ইলেকট্রনীয় কক্ষ যুক্ত হয়। (বিশেষ কয়েকটি ক্ষেত্রে অবশ্য এর সামান্য ব্যতিক্রম আছে) চিত্র 2.2-এ মৌলসমূহের উপরে আলোচিত দুটি ধর্মের পর্যয়ক্রমতা দেখানো হল। (তীর চিহ্ন সব গ্রুপ বা সকল পর্যায়ের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য—বিশেষ একটি গ্রুপ বা একটি পর্যায়ে সীমায়িত নয়)।



চিত্র 2.2

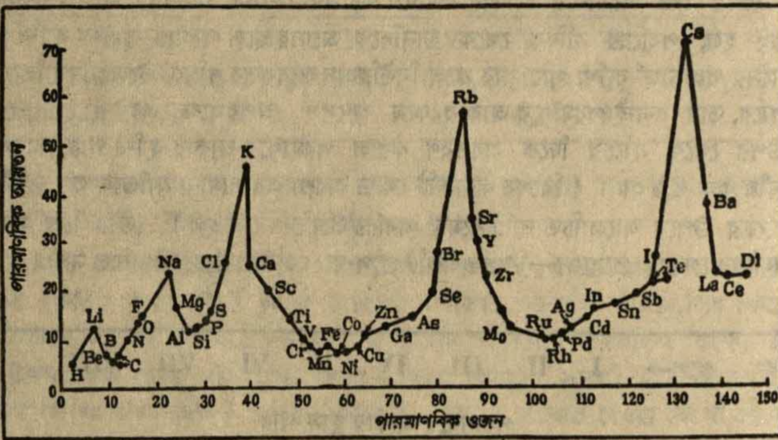
(v) **কোনাকুনি সম্পর্ক** (Diagonal relationship) **:** অনেক ক্ষেত্রে একটি পর্যায়ের নির্দিষ্ট গ্রুপের মৌলের সঙ্গে ঠিক পরবর্তী পর্যায়ের পরবর্তী গ্রুপের মৌলের ধর্মগত সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। দুটি মৌলের এই ধরনের সম্পর্ককেই **diagonal relationship** বা কোনাকুনি সম্পর্ক বলে। যেমন দ্বিতীয় পর্যায়ের গ্রুপ IA-র Li-এর সঙ্গে তৃতীয় পর্যায়ের গ্রুপ IIA-এর Mg-এর সম্পর্ক। অনুরূপ সম্পর্ক Be এবং Al, B এবং Si-এর মধ্যেও বিদ্যমান।

(vi) **পারমাণবিক আয়তন :** কঠিন অবস্থায় কোন মৌলের এক গ্রাম-পরমাণুর যে আয়তন (মি. লি. একক) সেটাই ঐ মৌলের পারমাণবিক আয়তন। পারমাণবিক আয়তন

$$= \frac{\text{গ্রাম-পরমাণু}}{\text{ঘনত্ব (গ্রা./মি.লি.)}}$$

। লোথার মায়ার দেখান যে, মৌলসমূহের পারমাণবিক আয়তন তাদের পারমাণবিক ওজনের উপর পর্যাবৃত্তভাবে নির্ভরশীল। রৈখিক চিত্র (চিত্র 2.3) থেকে দেখা যাচ্ছে যে ক্ষারীয় ধাতুগুলির পারমাণবিক আয়তন খুব বেশী, এদের অবস্থান তাই রৈখিক চিত্রের শীর্ষবিন্দুগুলিতে। পর্যায়-সারণীর একই পর্যায়ের মৌলগুলির অবস্থান রৈখিক চিত্রের পর পর

স্থানে এবং একই গ্রুপের মৌলগুলির অবস্থান চিত্রের অনুরূপ স্থানে। তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলগুলি রৈখিক চিত্রের আরোহী অংশে এবং পরা-তাড়িতিক মৌলগুলি অবরোহী অংশে অবস্থান করে।



চিত্র 2.3 : লোথার মায়ারের পারমাণবিক ওজন—পারমাণবিক আয়তন রৈখিক চিত্র।

(vii) ঘনত্ব, গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক : মৌলসমূহের এইসব ধর্মসমূহের ক্ষেত্রেও পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন (periodic variation) লক্ষিত হয়। বিভিন্ন পর্যায়ের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র প্রতিনিধি মৌলসমূহের বিষয় বিচার করলে (অর্থাৎ, সন্ধিগত মৌল বা আন্ত-সন্ধিগত মৌলগুলির বিষয়টি বাদ রেখে বিচার করলে) দেখা যায় নির্দিষ্ট পর্যায়ের বাঁদিক থেকে ডানদিকে অগ্রসর হলে মৌলগুলির ঘনত্ব ক্রমশ বাড়তে থাকে এবং মোটামুটি ভাবে **পর্যায়ের মাঝামাঝি স্থানে এই ঘনত্ব সর্বোচ্চ মানে পৌঁছায়**: প্রতি পর্যায়ের প্রথম মৌলের, অর্থাৎ, ক্ষারীয় ধাতুর ঘনত্ব সবচেয়ে কম হয়।

নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির গলনাংক নিম্নতম এবং গ্রুপ IV B-এর মৌলগুলির গলনাংক উচ্চতম। চিত্র 2.4-এ পরমাণু-ক্রমাংকের সঙ্গে গলনাংকের পরিবর্তনের বিষয়টি দেখানো হল। স্ফুটনাংক পরিবর্তনের ধারা গলনাংক পরিবর্তনের ধারার অনুরূপ (63নং পৃষ্ঠায় চিত্র 2 4 দ্রষ্টব্য)।

সন্ধিগত মৌলসমূহের ঘনত্ব, গলনাংক এবং স্ফুটনাংক সাধারণত প্রতিনিধি মৌলসমূহের তুলনায় উচ্চতর হয়ে থাকে (সন্ধিগত মৌল সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

[(viii) আয়নীকরণ (বা আয়নন)-বিভব বা শক্তি (Ionisation potential or Ionisation energy) : আয়নীকরণ-বিভব কথাটি ব্যাপক ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়—এটি কোন মৌলের অণু, পরমাণু বা আয়নের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হতে পারে। তবে সচরাচর মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রেই এই ধর্মটি ব্যাপকভাবে প্রযোজ্য হয়ে থাকে।

নিম্নতম শক্তির অবস্থায় বিদ্যমান গ্যাসীয় পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষীয় একটি ইলেকট্রন (যে ইলেকট্রনটি সবচেয়ে আলগাভাবে পরমাণুতে সংলগ্ন থাকে এমন ইলেকট্রন) **বহিষ্কারের মাধ্যমে পরমাণু থেকে এক একক পরা-চার্জবাহী গ্যাসীয় আয়ন** (uni-positive ion) **প্রস্তুত করতে যে পরিমাণ শক্তি ব্যয়িত হয়** (অর্থাৎ, পরমাণু কর্তৃক শোষিত হয়) **তাকেই মৌলের আয়নীকরণ-বিভব বা প্রথম আয়নীকরণ-বিভব (1st ionisation-potential) বলা হয়।**

$$X(g) + \text{শক্তি} \rightarrow X^+(g) + e^-$$

(X মৌল X^+ আয়নে পরিবর্তিত হতে যে শক্তি শোষণ করে সেটাই X মৌলের আয়নীকরণ-বিভব)

(এইভাবে যে আয়ন উৎপন্ন হয়, তা থেকে আগের মতই শর্তে একটি ইলেকট্রন বিতাড়িত করতে যে পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে হয় তাকে ঐ আয়নটির প্রথম আয়নীকরণ-বিভব বা মূল পরমাণুর দ্বিতীয় আয়নীকরণ-বিভব বলা হয়, এইভাবে তৃতীয়, চতুর্থ, ···ইত্যাদি আয়নীকরণ-বিভবের সংজ্ঞা দেওয়া যায়)।

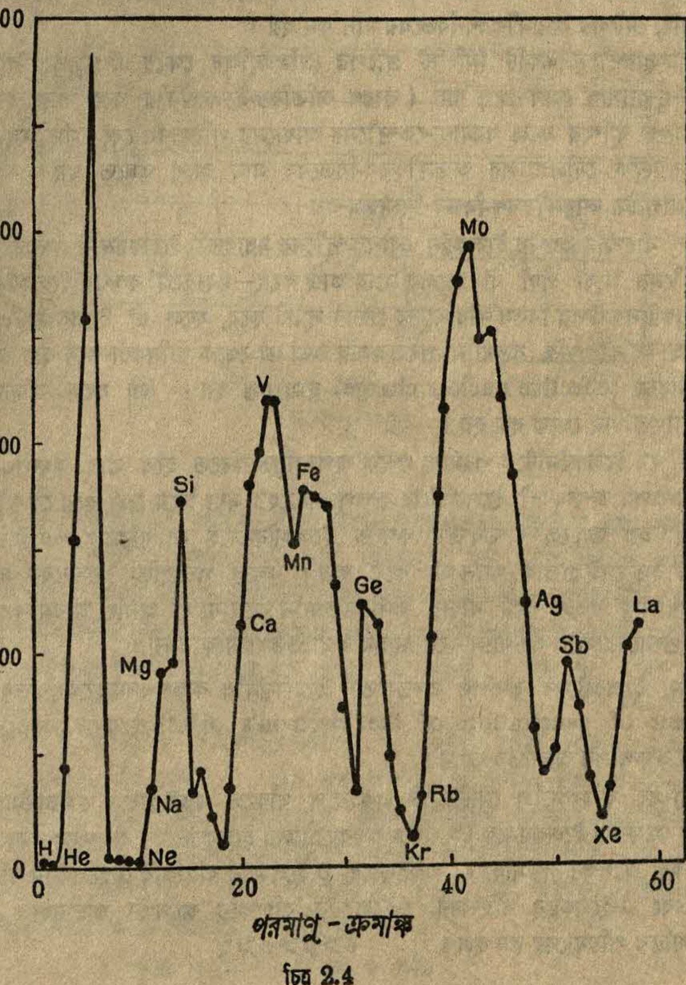
মৌলের আয়নীকরণ-বিভব সাধারণত ইলেকট্রন-ভোল্ট (eV) (পরমাণু-পিছু) এককে বা কিলোক্যালোরি/মোল এককে প্রকাশিত হয়। (একটি ইলেকট্রনকে এক ভোল্ট বিভব পার্থক্য সম্পন্ন দূরত্ব অতিক্রম করাতে যে পরিমাণ শক্তি ব্যয়িত হয় সেটাই এক ইলেকট্রন-ভোল্ট (eV)। 1 eV = 23 কিলোক্যালোরি/মোল; এক্ষেত্রে, মোল = 1 গ্রাম-পরমাণু বা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু)। আয়নীকরণ-বিভবকে সাধারণত I চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মৌলসমূহের আয়নীকরণ-বিভব প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে সরাসরি নির্ণীত হতে পারে। এই বিভবের মান বেশ কয়েকটি কারকের (factors) উপর নির্ভরশীল। এই সব কারকগুলির মধ্যে রয়েছে ঃ

(1) পরমাণু-কেন্দ্রীনের আধানের পরিমাণ (Magnitude of Nuclear charge)।

(2) পরমাণুর ব্যাসার্ধ (Atomic radius)।

(3) ভেতরের ইলেকট্রনীয় কক্ষসমূহের পর্দাপ্রতিম বা ঢালপ্রতিম প্রভাব (Screening or shielding effect of the inner electronic shells)।



চিত্র 2.4

(4) ইলেকট্রনীয় কক্ষপথের (যে ইলেকট্রন বহিষ্কার করতে হবে তার কক্ষপথের) আকৃতি (Shape of the electron's orbit)।

আয়নীকরণ-বিভবের উপর এই কারকগুলির প্রভাব সম্পর্কে এখানে সংক্ষেপে আলোচনা করা হল ঃ

(1) অন্য কারকগুলি মোটামুটি একইরূপ থাকলে আয়নীকরণ-বিভবের মান পরমাণু-কেন্দ্রীনের আধানের পরিমাণ বা মাত্রা বাড়লে সাধারণত বেড়ে যায়, কারণ সেক্ষেত্রে কেন্দ্রীন এবং সর্ববহিস্থ কক্ষীয় ইলেকট্রনের মধ্যেকার আকর্ষণী শক্তি প্রবলতর হয়।

পর্যায়-সারণীতে নির্দিষ্ট পর্যায়ের মৌলগুলির ক্ষেত্রে পর্যায়ের বাঁদিক থেকে ডানদিকে অগ্রসর হলে পরমাণু-কেন্দ্রীনের আধানের পরিমাণ বেড়ে যাবার ফলে সাধারণত মৌলগুলির আয়নীকরণ-বিভবের মান বেড়ে যেতে থাকে (দু-একটি ক্ষেত্রে অবশ্য সামান্য ব্যতিক্রম লক্ষিত হয়)। অর্থাৎ, **একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে ক্ষারীয় ধাতুর আয়নীকরণ-বিভব নিম্নতম এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের আয়নীকরণ-বিভব উচ্চতম।**

(2) পরমাণু-ব্যাসার্ধের মান বেশী হলে পরমাণু-কেন্দ্রীন এবং সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষের মধ্যেকার দূরত্ব বেড়ে যায়, ফলে সর্ববহিস্থ কক্ষীয় ইলেকট্রন এবং কেন্দ্রীনের মধ্যেকার আকর্ষণী শক্তি কমে যায়—যার পরিণতিতে ঐ ইলেকট্রন বহিষ্কার করতে কম শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন হয়; অর্থাৎ, মৌলের আয়নীকরণ-বিভবের মান কম হয়।

পর্যায়-সারণীতে একটি **নির্দিষ্ট গ্রুপের মৌলগুলির ক্ষেত্রে** ঐ গ্রুপের উপর থেকে নীচের দিকে পরমাণু-ব্যাসার্ধ ক্রমশ বেড়ে যায় (কারণ অতিরিক্ত ইলেকট্রনীয় কক্ষ যুক্ত হয়), সঙ্গে সঙ্গে পরমাণু-ক্রমাংক বৃদ্ধির ফলে পরমাণু-কেন্দ্রীনের আধানের পরিমাণও বেড়ে যায়, ফলে গ্রুপের উপর থেকে নীচের দিকে মৌলগুলির আয়নীকরণ-বিভবের মান ক্রমশ কমতে থাকে। **সবচেয়ে নীচে অবস্থিত মৌলটির আয়নীকরণ-বিভব নিম্নতম হয়।**

(3) বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রন এবং কেন্দ্রীনের মধ্যবর্তী ইলেকট্রনীয় কক্ষসমূহ ঐ ইলেকট্রন এবং কেন্দ্রীনের মধ্যে পর্দা বা ঢালের ন্যায় কাজ করে—মধ্যবর্তী কক্ষীয় ইলেকট্রনগুলি বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রনের উপর বিকর্ষণীয় বলের প্রভাব সৃষ্টি করে, ফলে ঐ ইলেকট্রন এবং কেন্দ্রীনের মধ্যেকার আকর্ষণী শক্তি যতখানি প্রবল হবার কথা তা থেকে খানিকটা কমে যায়, অথ ৎ কার্যকরী কেন্দ্রীন আধান (effective nuclear charge) হ্রাসপ্রাপ্ত হয়। এর ফলে আয়নীকরণ-বিভবের মানও প্রত্যাশিত মান থেকে কম হয়।

(4) যে ইলেকট্রনটিকে পরমাণু থেকে অপসারিত করতে হবে তার কক্ষপথটি যদি এরূপ হয় যে ঐ কক্ষপথ অন্তর্বর্তী ইলেকট্রনীয় কক্ষপথসমূহের মধ্য দিয়ে ভেদ করে কেন্দ্রীনের কাছাকাছি যেতে সমর্থ হয় তাহলে অন্তর্বর্তী কক্ষীয় ইলেকট্রনসমূহ যে পরিমাণ পর্দাপ্রতিম প্রভাব সৃষ্টি করতে সমর্থ হত সেই প্রভাব খানিকটা কমে যায়। ফলে পর্দাপ্রতিম প্রভাবের দরুন কার্যকরী কেন্দ্রীন-আধানের যতটা কমে যাবার কথা ততখানি কমে না। অর্থাৎ, আয়নীকরণ-বিভবের মান পর্দাপ্রতিম প্রভাবের ফলে যতখানি কমে যাবার কথা ততখানি কমে না।

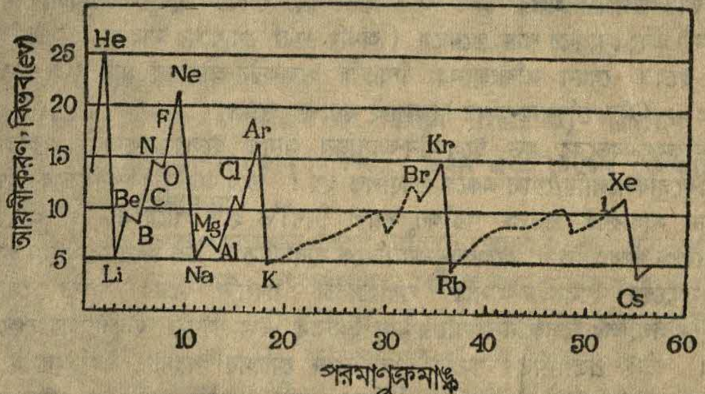
এখন, ইলেকট্রনের কক্ষপথ অন্তর্বর্তী ইলেকট্রনীয় কক্ষপথসমূহকে কতখানি ভেদ করতে সমর্থ (extent of penetration of the electron's orbit) হবে সে বিষয়টি নির্ভর করে ইলেকট্রনীয় কক্ষপথের আকৃতির উপর।

অন্য সব কারকগুলি মোটামুটি একইরূপ থাকলে একই প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা বিশিষ্ট ইলেকট্রনীয় কক্ষের s-ইলেকট্রনকে (অর্থাৎ s অরবাইটালের ইলেকট্রনকে) বহিষ্কার করা p-ইলেকট্রনকে বহিষ্কার করা অপেক্ষা কষ্টসাধ্য। একইভাবে p-ইলেকট্রন বহিষ্কার d-ইলেকট্রন বহিষ্কার অপেক্ষা কষ্টসাধ্য এবং d-ইলেকট্রন বহিষ্কার, f-ইলেকট্রন বহিষ্কার অপেক্ষা কষ্টসাধ্য। অর্থাৎ, এদের বহিষ্কারে শক্তির পরিমাণের ক্রম হল ঃ $s > p > d > f$.

এইজন্য, বেরিলিয়ামের আয়নীকরণ-বিভবের মান বোরনের ঐ মান থেকে উচ্চতর যদিও বোরনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বা কেন্দ্রীন-আধানের মান বেরিলিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বা কেন্দ্রীন-আধানের মানের তুলনায় বেশী। এর কারণ হল বেরিলিয়ামের ক্ষেত্রে (ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2$) যে ইলেকট্রনটি বহিষ্কার করতে হবে সেটি একটি s-ইলেকট্রন এবং বোরনের ক্ষেত্রে (ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^1$) এই ইলেকট্রনটি হল একটি p-ইলেকট্রন (দুটি ক্ষেত্রেই সর্ববহিস্থ কক্ষ হল দ্বিতীয় কক্ষ)। আগেই আলোচিত হয়েছে যে একই মূল কক্ষীয় একটি s ইলেকট্রনকে বহিষ্কার করা একটি p-ইলেকট্রনকে বহিষ্কার করা অপেক্ষা অধিকতর কষ্টসাধ্য, অর্থাৎ অধিকতর শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন। কাজেই বেরিলিয়ামের আয়নীকরণ-বিভবের মান তুলনামূলক ভাবে উচ্চতর।

নিম্ন আয়নীকরণ-বিভব সম্পন্ন মৌলের পরমাণু সহজেই ক্যাটায়ন গঠন করতে পারে (যেমন ক্ষারীয় ধাতুগুলির ক্ষেত্রে হয়ে থাকে)। অপরপক্ষে, উচ্চ আয়নীকরণ-বিভব সম্পন্ন মৌলের পরমাণু সহজে ক্যাটায়ন গঠন করতে সমর্থ নয় (যেমন হ্যালোজেন মৌলগুলি, তবে একই গ্রুপের উপর থেকে নীচের দিকে অবতরণ করলে আয়নীকরণ-বিভবের মান ক্রমান্বয়ে কমে যাবার দরুন হ্যালোজেন মৌলগুলির মধ্যেও আয়োডিন খানিকটা ক্যাটায়ন গঠনের প্রবণতা দেখায়)।

নীচের রৈখিক চিত্র থেকে আয়নীকরণ-বিভবের পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে) বোধগম্য করার প্রচেষ্টা করা হয়েছে (চিত্র 2.5)। এখানে অবশ্য সব মৌলকে দেখানো হয়নি।



চিত্র 2.5

চিত্র থেকে এটি পরিষ্কার যে **ক্ষারীয় ধাতুগুলির আয়নীকরণ-বিভবের মান সবচেয়ে কম এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির ক্ষেত্রে এই মান উচ্চতম।** চিত্র থেকে এটিও পরিষ্কার যে মৌলগুলির আয়নীকরণ-বিভবের মান পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সঙ্গে পর্যাবৃত্তভাবে পরিবর্তিত হয়।

(ix) **তড়িৎ-ঋণাত্মকতা** (Electro-negativity) : তড়িৎ-ঋণাত্মকতাও মৌলসমূহের একটি পর্যায়ক্রমিক ধর্ম (periodic property)। এ সম্পর্কে বিস্তৃত আলোচনা পৃথক ভাবে এ অধ্যায়ের শেষে করা হল।

(x) **ইলেকট্রন-আসক্তি** (Electron-affinity) : একটি প্রশম পরমাণু থেকে যেমন একটি ইলেকট্রন বহিষ্কার করে ক্যাটায়ন গঠন করা সম্ভব, ঠিক তেমনই প্রশম পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত করে অ্যানায়ন গঠনও সম্ভবপর। **নিম্নতম শক্তির অবস্থায় (ground-energy state) বিদ্যমান কোন বিচ্ছিন্ন (isolated) গ্যাসীয় পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত করে এক একক অপরা চার্জবাহী গ্যাসীয় আয়নে পরিবর্তিত করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয় তাকেই ঐ পরমাণুর (বা মৌলের) ইলেকট্রন-আসক্তি বলা হয়।**

$$X(g) + e^- = X^-(g) + \text{শক্তি}$$

(X মৌলে ইলেকট্রন যুক্ত করলে যে শক্তি নির্গত হয় সেটাই X-এর ইলেকট্রন-আসক্তি)। কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-আসক্তি এবং ঐ পরমাণু থেকে উৎপন্ন এক একক অপরা চার্জবাহী আয়নের (uni-negative ion) আয়নীকরণ-বিভবের মান একই, তবে একটি শক্তি (ইলেকট্রন-আসক্তি) নির্গত হয় এবং অপরটি (আয়নীকরণ-বিভব) শোষিত হয়, কাজেই এদের মান বিপরীত চিহ্নবাহী।

$$X + e \xrightarrow{-A} X^-$$

$$X^- - e \xrightarrow{+I} X$$

(A = ইলেকট্রন-আসক্তি, এই পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়ে X থেকে X^- গঠিত হয়।

I = আয়নীকরণ-বিভব, এই পরিমাণ শক্তি শোষিত হয়ে X^- থেকে X উৎপন্ন হয়)।

একটি বিষয় এখানে বিশেষভাবে উল্লেখ্য। তা হল : পরমাণুতে ইলেকট্রন যুক্ত করলে শক্তি নির্গত না হয়ে অনেক ক্ষেত্রে শোষিতও হতে পারে। সেক্ষেত্রে ইলেকট্রন-আসক্তি হবে নেগেটিভ বা ঋণাত্মক। দ্বিতীয়, তৃতীয় ইত্যাদি আয়নীকরণ-বিভবের মত দ্বিতীয়, তৃতীয় ইত্যাদি ইলেকট্রন-আসক্তিও হতে পারে। তবে এগুলির মান সর্বদাই ঋণাত্মক হবে, কারণ পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত করার ফলে যে এক একক অপরা চার্জবাহী আয়ন (uni-negative ion) উৎপন্ন হয় তার উপরের অপরা চার্জ অতিরিক্ত কোন ইলেকট্রন যুক্ত করতে বাধা দেয় (বিকর্ষণী বলের মাধ্যমে) এবং সেক্ষেত্রে শক্তি প্রয়োগে (অর্থাৎ শক্তি শোষণের মাধ্যমে) অতিরিক্ত ইলেকট্রন যুক্ত করতে হবে। যেমন অক্সিজেনের দ্বিতীয় ইলেকট্রন-আসক্তির মান ($O + 2e \rightarrow O^{2-}$ বা $O^- + e \rightarrow O^{2-}$ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে) অবশ্যই ঋণাত্মক হবে।

আয়নীকরণ-বিভবের মত ইলেকট্রন-আসক্তির মানও ইলেকট্রন-ভোল্ট এককে (পরমাণু পিছু) বা কিলোক্যালোরি/মোল এককে প্রকাশিত হয়। তবে আয়নীকরণ-বিভবের মত ইলেকট্রন-আসক্তির মান সাধারণত প্রত্যক্ষ পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত হতে পারে না—এই মান নির্ণীত হয় সাধারণত পরোক্ষ পদ্ধতিতে। ইলেকট্রন-আসক্তিকে সাধারণত A চিহ্ন দিয়ে বোঝানো হয়।

মৌলসমূহের ইলেকট্রন-আসক্তি পর্যায়ক্রমতা প্রদর্শন করে। সমস্ত মৌলের মধ্যে হ্যালোজেন মৌলগুলির ইলেকট্রন-আসক্তির মান উচ্চতম এবং ক্ষারীয় ধাতুগুলির ক্ষেত্রে এই মান খুবই কম। এটাই প্রত্যাশিত। কারণ হ্যালোজেন মৌলের পরমাণু একটিমাত্র ইলেকট্রন গ্রহণ করতে পারলেই পর্যায়-সারণীতে নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের পরমাণুর সুস্থিত ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভে সমর্থ হয়, কাজেই একটি ইলেকট্রনের জন্য এদের প্রবল আসক্তি থাকারই কথা। অপরপক্ষে, ক্ষারীয় ধাতুগুলির ইলেকট্রন বর্জন করার প্রবণতাই সর্বাধিক, ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা এদের নেই বললেই চলে। নীচের সারণীতে কয়েকটি মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তির মান প্রদত্ত হল :

সারণী 2.5 : ইলেকট্রন-ভোল্ট এককে কয়েকটি মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তির মান :

H	0·747	N	−0·1
F	3·45	S	2·07
Cl	3·61	Li	0·54
Br	3·36	Na	0·74
I	3·06	Be	−0·6
O	1·47	Mg	−0·3

এখানে দু-একটি বিষয় লক্ষণীয় :

(a) **ফ্লুওরিনের তুলনায় ক্লোরিনের ইলেকট্রন-আসক্তির মান উচ্চতর,** তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কিন্তু ফ্লুওরিনেরই বেশী। (এর সম্ভাব্য কারণ হল ইলেকট্রন-আসক্তির মান সাধারণত পরোক্ষভাবে

বন্ধীয় বিয়োজনীয় শক্তি (Bond dissociation energy), অর্থাৎ বন্ধনী ভাঙ্গতে যে ন্যূনতম শক্তি ব্যয় করতে হয় সেই পরিমাণ শক্তি থেকে নির্ণীত হয়। এই শক্তির মান কম হলে ইলেকট্রন-আসক্তি কম হয়, বেশী হলে ইলেকট্রন-আসক্তি বেশী হয়। ফ্লুওরিন পরমাণুর ক্ষুদ্র আকারের জন্য ফ্লুওরিন অণুতে বন্ধনী গঠনে অংশ নেয় না এমন ইলেকট্রনসমূহ (Non-bonding electrons) পরস্পরের খুব কাছাকাছি থাকায় এদের মধ্যে বিকর্ষণী বল বেশ প্রবল—এজন্য ফ্লুওরিন অণুর বন্ধীয় বিয়োজনীয় শক্তি খুব কম, ফলে এ থেকে নির্ণীত ফ্লুওরিনের ইলেকট্রন-আসক্তির মানও প্রত্যাশিত মান থেকে অনেক কম। অপরপক্ষে, ক্লোরিন অণুর বন্ধীয় বিয়োজনীয় শক্তি খুবই বেশী। এর কারণ হল ক্লোরিন অণুতে ক্লোরিন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে Cl—Cl এক বন্ধনী ছাড়াও খানিকটা পরিমাণে অতিরিক্ত বন্ধনী গঠনের প্রমাণ মেলে। ক্লোরিন পরমাণুতে শূন্য 3d অরবাইটাল থাকার জন্য 3p অরবাইটালে বর্তমান জোড়বাঁধা ইলেকট্রনগুলির (Paired electrons) দু-একটির বিজোড়কৃত (Unpaired) হয়ে শূন্য 3d অরবাইটালে যাওয়া অসম্ভব নয়, ফলে এইভাবে বিজোড়কৃত হওয়া ইলেকট্রনগুলি ক্লোরিন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে কিছুটা অতিরিক্ত বন্ধনীর সৃষ্টি করতে পারে—ক্লোরিন অণুর বন্ধীয় বিয়োজনীয় শক্তি বেশী হওয়ার ফলে এ থেকে নির্ণীত ক্লোরিনের ইলেকট্রন-আসক্তির মানও সুউচ্চ হয়।)

(b) কয়েকটি মৌলের প্রথম ইলেকট্রন-আসক্তির মানও ঋণাত্মক। এ থেকে বোঝা যায় যে ঐ পরমাণুগুলির ইলেকট্রন-বিন্যাস বেশ সুস্থিত ধরনের এবং এইসব ক্ষেত্রে পরমাণু অতিরিক্ত ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা দেখায় না, কাজেই এইসব পরমাণুতে ইলেকট্রন যুক্ত করতে গেলে শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন।

পরিশেষে একটি বিষয় উল্লেখ্য ঃ

ইলেকট্রন-আসক্তি মৌলের পৃথকীকৃত বা বিচ্ছিন্ন (isolated) পরমাণুর ধর্ম এবং সংজ্ঞানুসারে মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তির মান নির্দিষ্ট। অর্থাৎ একই মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তির মান একটিই—একাধিক হতে পারে না।

অপরপক্ষে, মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কিন্তু বিচ্ছিন্ন পরমাণুর ধর্ম নয়—কোন বিশেষ অণুতে পরমাণুর ধর্ম। একই মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বিভিন্ন অণুতে বিভিন্ন রূপ হতে পারে।

S-এর ইলেকট্রন-আসক্তির মান সর্বদাই 2·07 eV। কিন্তু S-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান SCl_2 যৌগে এবং SF_6 যৌগে এক নয়—SF_6 যৌগের ক্ষেত্রে এই মান উচ্চতর।]

সব শেষেও একটি বিষয় উল্লেখ করতেই হয়। মৌলসমূহের অধিকাংশ ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মই পর্যায়গত ধর্ম (Periodic properties), খুব কম ধর্মই আছে যেগুলি পর্যায়গত নয়। এমন একটি ধর্মের উল্লেখ এখানে করা যেতে পারে—যেটি হল **তেজস্ক্রিয়তা ধর্ম**—এটি পর্যায়গত ধর্ম নয়।

প্রশ্ন ঃ 2.15 মৌলসমূহের পর্যায়গত ধর্ম বলতে কি বোঝা যায় ?

2.16 মৌলসমূহের কয়েকটি ধর্মের উল্লেখ কর যেগুলি পর্যায়গত ধর্ম। দু-একটি এমন ধর্মের উল্লেখ করতে পার কি যেগুলি পর্যায়গত নয় ?

2.17 Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl—এরা পর্যায়-সারণীর একই পর্যায়ের ক্রমান্বয়ে বিন্যস্ত বিভিন্ন গ্রুপের মৌল। এদের মধ্যে কোন্‌টির ধাতব ধর্ম সবচেয়ে বেশী এবং কোন্‌টির অধাতব ধর্ম সবচেয়ে বেশী ?

2.18 নীচের মৌল জোড়গুলির মধ্যে কোন্‌টির পরা তাড়িতিক ধর্মিতা বেশী ? (a) K, Cu ; (b) V, As ; (c) Cr, Se [প্রথম মৌল A সাব-গ্রুপের এবং দ্বিতীয় মৌলটি B সাব-গ্রুপের]

2.19 O, S, Se, Te—এরা পর্যায়-সারণীর একই গ্রুপভুক্ত মৌল। এদের মধ্যে কোন্‌টির ধাতব ধর্ম সবচেয়ে বেশী ?

2.20 ফসফরাস কি পর্যায়-সারণীর গ্রুপ VB-এর অন্তর্ভুক্ত মৌল ? ফসফরাসের প্রত্যাশিত যোজ্যতা কত হতে পারে ? ফসফরাসের দুটি যৌগের সংকেত লেখ যা তোমার প্রদত্ত উত্তরের সমর্থনসূচক।

2.21 ফ্লুওরিন কি গ্রুপ VIIB-এর মৌল ? এর সম্ভাব্য যোজ্যতা কত ? বক্তব্যের সপক্ষে উদাহরণ দাও।

2.22 নীচের অক্সাইডগুলির কোন্‌টির ক্ষারকীয়তা সবচেয়ে বেশী এবং কোন্‌টির অম্লধর্মিতা সবচেয়ে বেশী ? ক্ষারকীয়তার তীব্রতা অনুযায়ী অক্সাইডগুলিকে পর পর সাজিয়ে দাও :

(i) B_2O_3, Li_2O, CO_2, BeO, F_2O, N_2O

(ii) Na_2O, CuO, MgO, K_2O

2.23 নীচের মৌলগুলির কোন্‌টির পরমাণুর সম্ভাব্য আকার বৃহত্তম এবং কোন্‌টির ক্ষুদ্রতম ?

(a) Li, Be, B, C, N, O, F (b) O, S, Se, Te

(c) F, Cl, Br, I

2.24 লোথার মায়ারের পারমাণবিক আয়তন—পারমাণবিক ওজন রৈখিক চিত্রের কিরূপ অংশে ক্ষারীয় ধাতুগুলির অবস্থান ? এই অবস্থান থেকে কি সিদ্ধান্তে আসা যায় ? তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলগুলির এবং পরা তাড়িতিক মৌলগুলির অবস্থান এই রৈখিক চিত্রের কিরূপ স্থানে ?

2.25 পর্যায়-সারণীতে একই পর্যায়ভুক্ত নীচের মৌলগুলির মধ্যে কোন্‌টির গলনাংক (এবং স্ফুটনাংক) উচ্চতম এবং কোন্‌টির নিম্নতম হবার সম্ভাবনা ?

(i) Li, Be, B, C, N, O, F, Ne (ii) Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar

2.26 মৌলের আয়নীকরণ-বিভব সাধারণত কোন্ এককে প্রকাশিত হয় ?

2.27 কোন মৌলের আয়নীকরণ-বিভবের মান সু-উচ্চ। এর অর্থ কি মৌলের এক একক পরা চার্জবাহী ক্যাটায়ন গঠনে কম শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন ?

2.28 (i) F, Cl, Br, I—এদের মধ্যে কোন্‌টির আয়নীকরণ-বিভবের মান উচ্চতম হবার সম্ভাবনা ?

(ii) Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar—এদের মধ্যে কোন্‌টির আয়নীকরণ-বিভবের মান উচ্চতম এবং কোন্‌টির এই মান নিম্নতম হবার সম্ভাবনা ?

2.29 Al-এর পরমাণু-ক্রমাংক Mg-এর থেকে বেশী হওয়া সত্ত্বেও Mg-এর আয়নীকরণ-বিভবের মান তুলনামূলকভাবে উচ্চতর। কেন ?

2.30 দুটি মৌলের বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রন-বিন্যাস যথাক্রমে $4s^2$ এবং $4s^2\ 4p^1$। কোন্‌টির আয়নীকরণ-বিভবের মান উচ্চতর হবার সম্ভাবনা ?

2.31 F, Cl, Br, I—এদের মধ্যে ইলেকট্রন-আসক্তি কোন্‌টির বেশী ? তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কোন্‌টির বেশী ?

2.32 মৌলের ইলেকট্রন-আসক্তি এবং ঐ মৌল বা মৌল থেকে গঠিত কোন আয়নের আয়নীকরণ-বিভবের মধ্যে কোন সম্পর্ক স্থাপন করা যায় কি ?

2.33 ইলেকট্রন-আসক্তি এবং তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মধ্যে (i) কোন্‌টি বিচ্ছিন্ন পরমাণুর ধর্ম ? (ii) কোন্‌টি বিশেষ অণুতে পরমাণুর ধর্ম ? (iii) কোন্‌টির মান নির্দিষ্ট ? (iv) কোন্‌টির মান বিভিন্ন যৌগে বিভিন্নরূপ হবার সম্ভাবনা ?

2.34 অক্সিজেনের প্রথম ইলেকট্রন-আসক্তির মান ধনাত্মক, কিন্তু দ্বিতীয় ইলেকট্রন-আসক্তির মান ঋণাত্মক কেন ?

2.35 পর্যায়-সারণীতে "কোনাকুনি সম্পর্ক" বলতে কি বোঝা যায় ? দু-একটি মৌল জোড়ের উল্লেখ কর যাদের মধ্যে এই ধরনের সম্পর্ক বর্তমান।

2.5 পর্যায়-সারণীর গুরুত্ব ও প্রয়োজনীয়তা (Importance and usefulness of the Periodic Table)

মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণী আবিষ্কার—শ্রেষ্ঠ আবিষ্কারগুলির অন্যতম হিসাবে গণ্য হয়। এর কারণ ঃ

(i) বিপুল সংখ্যক মৌল এবং তাদের অগণিত যৌগসমূহের ধর্ম পৃথকভাবে মনে রাখা প্রায় অসম্ভব ব্যাপার, কিন্তু পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলির অবস্থান থেকে ঐ মৌলগুলি এবং তাদের যৌগসমূহের ধর্ম সম্পর্কে নির্দিষ্ট ধারণা পাওয়া যায়, কারণ একই গ্রুপের একই সাব-গ্রুপের মৌলগুলির ধর্ম অনুরূপ বা ধর্মের পরিবর্তন হলেও একটি নির্দিষ্ট ক্রম অনুসারে হয়। যেমন, হাইড্রোজেন ব্যতীত গ্রুপ I A-র সব মৌলগুলিই উচ্চ পরা তড়িৎধর্মী ধাতু, গ্রুপ VII B-এর সব মৌলগুলিই উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক অধাতু ইত্যাদি (এ সম্পর্কিত পূর্বের আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

(ii) পর্যায়-সারণীর সাহায্যে মেণ্ডেলিফ তাঁর সময়ে প্রচলিত অনেক ত্রুটিযুক্ত পারমাণবিক ওজন সংশোধনে সমর্থ হন এবং (iii) ভবিষ্যতে আবিষ্কৃত হতে পারে এমন কয়েকটি মৌল এবং তাদের সম্ভাব্য ধর্ম সম্পর্কে ধারণা দিতে সমর্থ হন। এখনকার পরিপ্রেক্ষিতে বিচার করলে শেষের দুটি বিষয়ের গুরুত্ব আজ ফুরিয়ে গেছে, কিন্তু প্রথম বিষয়টির গুরুত্ব রয়ে যাবে চিরদিনই। বিজ্ঞানের ইতিহাসে মেণ্ডেলিফের নাম স্বর্ণাক্ষরে লেখা থাকবে।

সন্দেহজনক পাঃ ওজনের ত্রুটি সংশোধন ঃ পর্যায়-সারণীতে মৌলের সঠিক স্থানটি নির্দেশ করে ঐ অবস্থান থেকে অনেক মৌলের সঠিক পাঃ ওজন নির্ণয়ে মেণ্ডেলিফ সমর্থ হন। যেমন, Al-এর সঙ্গে Be-এর ধর্মগত সাদৃশ্যের জন্য মনে করা হত যে Be-এর যোজ্যতা 3, সেক্ষেত্রে Be-এর পাঃ ওজন ধরা হয় $3 \times 4 \cdot 5$ (কারণ Be-এর তুল্যাংকভার 4·5) বা 13·5। সারণীতে Al-এর অবস্থান যেহেতু গ্রুপ III-তে, সুতরাং Be-এর অবস্থানও ঐ গ্রুপেই হওয়া উচিত। কিন্তু গ্রুপ III-তে 13·5 পাঃ ওজন বিশিষ্ট কোন মৌলের জন্য স্থান সারণীতে ছিল না। এদিকে Mg-এর সঙ্গেও Be-এর ধর্মগত মিল লক্ষ্য করা যায়। মেণ্ডেলিফের মতে Be-এর যোজ্যতা হবে Mg-এর মতই, অর্থাৎ 2, সেক্ষেত্রে Be-এর পাঃ ওজন হয় $2 \times 4 \cdot 5$ বা 9 এবং তাহলে Be-এর অবস্থান সারণীর প্রথম হ্রস্ব পর্যায়ে (মেণ্ডেলিফের সারণীর প্রথম পর্যায়ে) গ্রুপ II-তে Mg-এর উপরে হতে পারে। প্রকৃতপক্ষে পরবর্তী কালে Be-এর সঠিক পাঃ ওজন নির্ণীত হয়েছে 9·4। এইভাবে আরও কয়েকটি মৌলের (সিজিয়াম এবং ইউরেনিয়ামের) পাঃ ওজন সংশোধিত হয়।

অনাবিষ্কৃত মৌল সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী ঃ মেণ্ডেলিফ যখন তাঁর সারণী প্রকাশ করেন তখন পর্যন্ত মাত্র 63টি মৌল আবিষ্কৃত হয়েছে। ঐ মৌলগুলিকে তাদের ধর্মগত সাদৃশ্যের ভিত্তিতে বর্ধমান পাঃ ওজন অনুযায়ী মেণ্ডেলিফ তাঁর সারণীতে বিন্যস্ত করেন। ধর্মগত সাদৃশ্য বজায় রাখার জন্য মেণ্ডেলিফ সারণীর অনেক স্থান ফাঁকা রাখেন তখন পর্যন্ত অনাবিষ্কৃত অনেক মৌলের জন্য। এমনকি ঐ মৌলগুলি ভবিষ্যতে আবিষ্কৃত হলে তাদের সম্ভাব্য ধর্ম কিরূপ হতে পারে সে সম্পর্কেও মেণ্ডেলিফ আগে থেকেই ধারণা দেন। যেমন, গ্রুপ III-তে B এবং Al-এর পর তখন পর্যন্ত অনাবিষ্কৃত দুটি মৌল এক-বোরন এবং এক-অ্যালুমিনিয়াম-এর ধর্ম সম্পর্কে মেণ্ডেলিফ যে ভবিষ্যদ্বাণী করেন পরবর্তী কালে ঐ দুটি মৌল আবিষ্কৃত হলে তাদের নাম দেওয়া হয় যথাক্রমে স্ক্যাণ্ডিয়াম ও গ্যালিয়াম এবং দেখা যায় যে তাদের ধর্ম সম্পর্কিত মেণ্ডেলিফের ভবিষ্যদ্বাণী আশ্চর্যজনকভাবে প্রায় হুবহু মিলে গেছে। সেইরূপ গ্রুপ IV-এ Si-এর পর একটি মৌলের আবিষ্কার সম্পর্কেও মেণ্ডেলিফ ভবিষ্যদ্বাণী করেন—ঐ মৌলটির নাম দেন এক-সিলিকন। পরবর্তী কালে আবিষ্কৃত মৌল জারমেনিয়ামই এক-সিলিকন। এক্ষেত্রেও মেণ্ডেলিফের ধারণার সঙ্গে বাস্তবে দৃষ্ট ধর্মের আশ্চর্য মিল লক্ষিত হয়।

মেণ্ডেলিফ-কথিত এক-সিলিকনের কয়েকটি সম্ভাব্য ধর্ম সম্পর্কে তাঁর ধারণা এবং পরবর্তী কালে আবিষ্কৃত মৌল জারমেনিয়ামের ঐ সব ধর্মের একটা তুলনামূলক চিত্র পরপৃষ্ঠায় (সারণী 2.6) উপস্থাপিত করা হল ঃ

সারণী 2.6

ধর্ম	এক-সিলিকন (Eka-silicon : Es) (1871 সালে মেণ্ডেলিফের ধারণা)	জারমেনিয়াম (Ge) (1886-তে উইংকলার কর্তৃক আবিষ্কৃত)
পাঃ ওজন	72	72·6
আপেক্ষিক গুরুত্ব	5·5	5·36
পাঃ আয়তন	13 সি.সি.	13·22 সি.সি.
আপেক্ষিক তাপ	0·072 ক্যালোরি/গ্রা. ডিগ্রি।	0·076 ক্যালোরি/গ্রা. ডিগ্রি
বর্ণ	মৌলের বর্ণ হবে ময়লাটে ধূসর	মৌলের বর্ণ ধূসরাভ সাদা
অক্সাইড গঠন	বায়ুতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সাদা পাউডারের ন্যায় EsO_2 উৎপন্ন হবে।	বায়ুতে প্রজ্বলিত করলে সাদা অক্সাইড (GeO_2) উৎপন্ন করে।
অক্সাইডের ধর্ম	অক্সাইড EsO_2 উচ্চ গলনাংক সম্পন্ন হবে, এর আপেক্ষিক গুরুত্ব হবে 4·7. TiO_2 এবং SnO_2 অপেক্ষা কম ক্ষারকীয়, কিন্তু SiO_2 অপেক্ষা অধিকতর ক্ষারকীয় ধর্ম সম্পন্ন হবে।	অক্সাইড GeO_2 উচ্চ গলনাঙ্ক সম্পন্ন, এর আঃ গুরুত্ব 4·703, এটি অতি মৃদু ক্ষারকীয়।
মৌলের প্রস্তুতি	EsO_2 বা K_2EsF_6-এর সঙ্গে ধাতব Na-এর বিক্রিয়ায় মৌলটি উৎপন্ন হবে।	GeO_2-কে কার্বন দ্বারা বা K_2GeF_6-কে Na দ্বারা বিজারিত করে Ge প্রস্তুত করা হয়।
জলের সঙ্গে মৌলের বিক্রিয়া	মৌলটি স্টীমকে সামান্য বিশ্লিষ্ট করবে।	তরল জলকে Ge বিশ্লিষ্ট করতে পারে না।
অম্ল এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া	অম্লের সঙ্গে খুব সামান্যই বিক্রিয়া হবে, ক্ষারের সঙ্গে তেমন উল্লেখযোগ্য বিক্রিয়া হবে না।	মৌলটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না, কিন্তু অম্লরাজ দ্বারা আক্রান্ত হয়। কস্টিক পটাস দ্রবণের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু গলিত ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মৌল জারিত হয়।
ক্লোরাইডের ধর্ম	ক্লোরাইড $EsCl_4$ হবে একটি তরল যার স্ফুটনাঙ্ক 100° সে. এর নীচে হবে এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব হবে 0° সে. এ 1·9।	জারমেনিয়াম ক্লোরাইড ($GeCl_4$) এর স্ফুটনাংক 86·5° সে. এবং 20° সে.-এ আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·887।

মেণ্ডেলিফ মলিবডেনাম (42নং মৌল) এবং রুথেনিয়ামের (44নং) মধ্যবর্তী স্থানে একটি মৌলের অস্তিত্ব সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করেছিলেন। 1947 সালে, অর্থাৎ মেণ্ডেলিফের ভবিষ্যৎ

বাণীর সময় থেকে 70 বছরেরও পরে ঐ মৌল টেকনেসিয়াম (Tc, 43নং) নিউক্লীয় রসায়নের (Nuclear Chemistry) কৌশল প্রয়োগে উৎপন্ন করা সম্ভব হয়।

প্রশ্ন : 2.36 মেণ্ডেলিফ তাঁর সময়ে অনাবিষ্কৃত এমন কয়েকটি মৌল ভবিষ্যতে আবিষ্কৃত হলে তাদের ধর্ম কিরূপ হবে সে সম্পর্কে ভবিষ্যদ্বাণী করেন। ঐ মৌলগুলির মেণ্ডেলিফ-কথিত এবং অধুনা প্রচলিত নাম বল।

2.37 পর্যায়-সারণীর সহায়তায় কয়েকটি মৌলের সন্দেহজনক পাঃ ওজনের ত্রুটি সংশোধন করা সম্ভব হয়েছে। এমন একটি মৌলের উদাহরণ দাও।

2.38 তোমার মতে বিভিন্ন মৌলের পৃথক পৃথক ধর্ম মনে রাখা বেশী সুবিধাজনক না-কি ঐ সব মৌলগুলিকে কয়েকটি দলে বা শ্রেণীতে ভাগ করে এক এক দলের সাধারণ ধর্ম মনে রাখা বেশী সুবিধাজনক ?

2.6 মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর ত্রুটি এবং এ সম্পর্কিত আধুনিক ভাষ্য (Defects of Mendeleev's Periodic Table and modern version regarding these)

মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর কয়েকটি বিষয় ধোঁয়াটে মনে হয়। যেমন—

(1) মেণ্ডেলিফ তাঁর সারণীতে মৌলগুলিকে সাজান ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী, কিন্তু রাসায়নিক ধর্মগত মিলের বিষয় চিন্তা করে চার জোড়া মৌলের ক্ষেত্রে তাঁর অনুসৃত নীতি থেকে বিচ্যুত হতে হয়েছে। এদের ক্ষেত্রে উচ্চতর পারমাণবিক ওজনের মৌলটি নিম্নতর পারমাণবিক ওজনের মৌলটির পূর্বে স্থাপিত হয়েছে।

এই চার জোড়া মৌল হল : (ক) আরগন এবং পটাসিয়াম (পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 40 এবং 39), (খ) কোবাল্ট ও নিকেল (58·9, 58·7), (গ) টেলুরিয়াম ও আয়োডিন (127·6, 126·9) এবং (ঘ) থোরিয়াম ও প্রোটো-অ্যাকটিনিয়াম (232, 231)

(2) মেণ্ডেলিফের মূল ধারণা ছিল সারণীর 1টি ঘরে 1টিই মৌল থাকতে পারে, কিন্তু বেশ কয়েকটি ক্ষেত্রেই এই নীতি মেনে চলা সম্ভবপর হয় নি। যেমন—

(a) Fe, Co, Ni ; Ru, Rh, Pd ; Os, Ir, Pt—তিনটি করে মৌল একই ঘরে (গ্রুপ VIII-এ) স্থান পেয়েছে। (b) 15টি বিরল মৃত্তিক মৌলকে একই ঘরে (গ্রুপ IIIA-তে) বসাতে হয়েছে।

(3) অনেক মৌলকে যদিও একই গ্রুপে স্থাপন করা হয়েছে, তাদের মধ্যে ধর্মগত সাদৃশ্য কিন্তু সামান্যই, যেমন গ্রুপ I-এ অবস্থিত কপার, সিলভার, গোল্ড এর সঙ্গে ঐ গ্রুপেরই ক্ষারীয় ধাতুগুলির মিল প্রায় নেই বললেই চলে। অপরপক্ষে ধর্মগত যথেষ্ট মিল থাকা সত্ত্বেও অনেক মৌল পৃথক পৃথক গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। যেমন কপার (গ্রুপ IB) এবং মারকারি (গ্রুপ IIB), বোরন (গ্রুপ IIIB) এবং সিলিকন (গ্রুপ IVB) ইত্যাদি।

আবার একই পর্যায়ের বিভিন্ন গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির মধ্যেও ধর্মগত সাদৃশ্য থাকতে পারে (যেমন Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni)—এই বিষয়টি কিন্তু মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীতে উপেক্ষিত।

(4) সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান খানিকটা গোলমেলে। হাইড্রোজেন স্থাপিত হয়েছে গ্রুপ IA-তে ক্ষারীয় ধাতুদের সঙ্গে, এই ধাতুগুলির সঙ্গে হাইড্রোজেনের ধর্মগত মিল সামান্য আছে বটে, তবে গ্রুপ VIIB-এর হ্যালোজেন মৌলগুলির সঙ্গেও হাইড্রোজেনের ধর্মগত সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়, কাজেই গ্রুপ VIIB-তেও একে স্থাপন করা যেতে পারত।

এই সব বিষয়গুলির অধিকাংশই কিন্তু পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত আধুনিক মতবাদের আলোকে স্বচ্ছরূপেই বোধগম্য।

পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলিকে বিন্যস্ত করা হয়েছে তাদের রাসায়নিক ধর্মের ভিত্তিতে (এমন ভাবে যাতে একই রূপ ধর্মসম্পন্ন মৌলগুলি একই গ্রুপে থাকে)। এখন মোজলের (Mosley) পরীক্ষা থেকে জানা গেছে যে, মৌলগুলির রাসায়নিক ধর্ম নির্ভরশীল তাদের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর,

পারমাণবিক ওজনের উপর নয়। সুতরাং পর্যায়-সারণীতে বিভিন্ন মৌলকে সাজানো উচিত তাদের ক্রমবর্ধমান পরমাণু-ক্রমাংক অনুযায়ী, পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী নয়। সুতরাং Ar-এর পারমাণবিক ওজন যদিও K থেকে বেশী, সারণীতে Ar-কে K-এর পূর্বে বসানো হয়েছে এইজন্য যে, K-এর পরমাণু-ক্রমাংক Ar অপেক্ষা বেশী (যথাক্রমে 19 এবং 18)। অন্য মৌল-জোড় তিনটি সম্পর্কেও একই কথা প্রযোজ্য, যেমন কোবাল্টের পরমাণু-ক্রমাংক 27, নিকেলের 28 ; টেলুরিয়াম ও আয়োডিনের পরমাণু-ক্রমাংক যথাক্রমে 52 ও 53 ; থোরিয়াম ও প্রোটো-অ্যাকটিনিয়ামের পরমাণু-ক্রমাংক যথাক্রমে 90 এবং 91।

বিরল মৃত্তিক মৌলগুলির ক্ষেত্রে দেখা যায় এদের যোজ্যতা এবং রাসায়নিক ধর্ম পরমাণু-ক্রমাংক বাড়লেও প্রায় একইরূপ থাকে সবকটি মৌলের ক্ষেত্রে, সুতরাং সারণীতে এদের একই স্থানে অবস্থান যুক্তিসঙ্গত। আসলে, এই মৌলগুলির বহিস্তম কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস পরমাণু-ক্রমাংক বাড়লেও একই থাকে, বাড়তি ইলেকট্রনগুলি প্রবেশ করে ভিতরের কক্ষীয় f উপকক্ষে, f উপকক্ষীয় ইলেকট্রনগুলি বহিস্তম কক্ষ থেকে অনেকটা ভিতরের দিকে অবস্থান করে, কাজেই তারা যোজন ইলেকট্রন হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে না বললেই চলে, যার ফলেই ঐ মৌলগুলির সকলেরই যোজ্যতা মোটামুটি একই হয়। কাজেই পর্যায়-সারণীর একই ঘরে এদের অবস্থান যুক্তিসঙ্গতই।

Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ইত্যাদি মৌল যদিও একই পর্যায়ের বিভিন্ন গ্রুপে অবস্থিত, তা হলেও আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী এরা একই **সন্ধিগত মৌলশ্রেণীর অন্তর্গত** (পরে বিশদ দ্রষ্টব্য), সুতরাং এদের মধ্যে ধর্মগত মিল থাকা অস্বাভাবিক কিছু নয়।

হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^1$, অর্থাৎ এর বহিস্তম কক্ষে একটিমাত্র ইলেকট্রন। এই বিন্যাস ক্ষারীয় ধাতুগুলির ন্যায়। H পরমাণু 1টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে এক একক চার্জবাহী ধনাত্মক আয়নে পরিণত হতে পারে, ($H - e \rightarrow H^+$) আবার 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এক একক অপরা চার্জবাহী আয়নেও পরিণত হতে পারে ($H + e \rightarrow H^-$)। প্রথম ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের ব্যবহার ক্ষারীয় ধাতুর ন্যায় (যেমন $Na - e \rightarrow Na^+$) এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে এর ব্যবহার হ্যালোজেন মৌলগুলির ন্যায় (যেমন $F + e \rightarrow F^-$)। আবার হ্যালোজেন মৌলগুলির ন্যায় হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস অপেক্ষা 1টি ইলেকট্রন কম। কাজেই হাইড্রোজেনকে গ্রুপ IA-তে ক্ষারীয় ধাতুগুলির সঙ্গে অথবা গ্রুপ VIIB-তে হ্যালোজেনগুলির সঙ্গেও বসানো যেতে পারে। ঝামেলা এড়াবার জন্য আধুনিক পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনকে গ্রুপ Iএও নয়, গ্রুপ VIIএও নয়, স্বতন্ত্র একটি স্থানে বসানো হয়েছে। অনেকক্ষেত্রে পৃথক গ্রুপভুক্ত দুটি মৌলের মধ্যেও মিল থাকতে পারে এদের পরমাণুদের বিশেষ ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ভঙ্গির জন্য। যেমন : Cu এবং Hg-এর বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রন বিন্যাস যথাক্রমে $3d^{10}\ 4s^1$ এবং $5d^{10}\ 6s^2$. সুতরাং Cu^+ এবং Hg^{2+}-এর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস একই রূপ, যথাক্রমে $3d^{10}4s^0$ এবং $5d^{10}6s^0$. সুতরাং +1 জারণ অবস্থার Cu এবং +2 জারণ অবস্থার Hg-এর মধ্যে মিল থাকা স্বাভাবিক।

প্রশ্ন : 2.39 মেন্ডেলিফ মৌলসমূহকে তাদের ক্রমবর্ধমান পাঃ ওজন অনুযায়ী পর্যায়-সারণীতে সাজান। কিন্তু চার জোড়া মৌলের ক্ষেত্রে এর ব্যতিক্রম লক্ষিত হয়। এই চার জোড়া মৌলের নাম লেখ এবং এদের অবস্থানে ব্যতিক্রম কি ভাবে হচ্ছে উল্লেখ কর।

2.40 উপরের প্রশ্নে উল্লেখিত ত্রুটির প্রেক্ষিতে মেন্ডেলিফের পর্যায়-সূত্রের আধুনিক পরিবর্তিত রূপটি কিভাবে প্রকাশ করা হয় ?

2.41 হাইড্রোজেনকে পর্যায়-সারণীর গ্রুপ IA-তে স্থাপনের সপক্ষে দু-একটি যুক্তি দাও।

2.42 হাইড্রোজেনকে পর্যায়-সারণীর গ্রুপ VIIB-তে স্থাপনের সপক্ষে দু-একটি যুক্তি উপস্থাপিত কর।

2.43 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni—এই মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লেখ (এদের পরমাণু-ক্রমাংক যথাক্রমে 21-30)। পর্যায়-সারণীতে এদের অবস্থান বিভিন্ন গ্রুপে হওয়া সত্ত্বেও এদের মধ্যে ধর্মগত মিল যথেষ্ট পরিমাণে লক্ষিত হয়। কেন ?

2.44 বিরল মৃত্তিক মৌল কোনগুলি ? এগুলিকে পর্যায়-সারণীর একই ঘরে স্থাপিত করা হয়েছে যদিও এদের পরমাণু-ক্রমাংক পৃথক পৃথক। এটি কি যুক্তিযুক্ত হয়েছে বলে তোমার মনে হয় ?

2.45 +1 জারণ অবস্থার কপার এবং +2 জারণ অবস্থার মারকারির মধ্যে ধর্মগত মিল লক্ষিত হয়। কেন ?

2.7 দীর্ঘ পর্যায়-সারণী (Long Periodic Table)

পূর্বেই আলোচিত হয়েছে যে মেন্ডেলিফের পর্যায়-সারণীতে বা তার আধুনিক ভাষ্যরূপে (অর্থাৎ, হ্রস্ব পর্যায় সারণীতে) একই গ্রুপভুক্ত বিভিন্ন সাব-গ্রুপের মৌলগুলির ধর্মগত মিল

সারণী 2.7 : দীর্ঘ পর্যায় সারণী

1 H 1.00797

R 1 I A	R 2 II A	T 3 III A	T 4 IV A	T 5 VA	T 6 VIA	T 7 VIIA	T 8	T 9 VIII	T 10	T 11 I B	R 2 II B	R 3 III B	R 4 IV B	R 5 VB	R 6 VIB	R 7 VII B		নিষ্ক্রিয় গ্যাস
																	2	2 He 4.0026
3 Li 6.939	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.01115	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	2 8	10 Ne 20.183
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312											13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	2 8 8	18 Ar 39.948
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	2 8 18 8	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.9044	2 8 18 18 8	54 Xe 131.30
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	2 8 18 32 18 8	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)																

ল্যান্থানাইড শ্রেণী	58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
অ্যাকটিনাইড শ্রেণী	90 Th 232.038	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (249)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (253)	103 Lw (257)

R = প্রতিনিধি মৌল T = সন্ধিগত মৌল

যৎসামান্যই। দীর্ঘ পর্যায়-সারণীতে একই গ্রুপের সাব-গ্রুপগুলিকে সেইজন্য পৃথক করে দেখানো হয়েছে (সারণী 2.7)। দীর্ঘ পর্যায়-সারণীকে বোরের সারণীও বলা হয়। সারণীটি মেন্ডেলিফের সারণীরই সংশোধিত রূপ এবং এটি গঠিত পরমাণুসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ভিত্তিতে।

সারণীতে মৌলগুলি 16টি উল্লম্ব সারিতে (Vertical columns) বিন্যস্ত। এই সারণীটি থেকে মৌলগুলির অবস্থান এবং তাদের ধর্ম সম্পর্কে হ্রস্ব পর্যায়-সারণী অপেক্ষা স্বচ্ছতর চিত্র পাওয়া যায়। যেমন, সারণীর বাঁদিকে অবস্থিত গ্রুপ IA এবং IIA-এর মৌলগুলি উচ্চ পরা তাড়িতিক ধাতব মৌল, অপরপক্ষে গ্রুপ IIIB, IVB, VB, VIB এবং VIIB-এর তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলগুলি অবস্থিত সারণীর ডানদিকে এবং সারণীর মাঝখানে অবস্থিত সন্ধিগত মৌলগুলি। সারণীতে ল্যান্থানাইড এবং অ্যাক্টিনাইড মৌলগুলিকে পৃথকভাবে দেখানো হয়েছে।

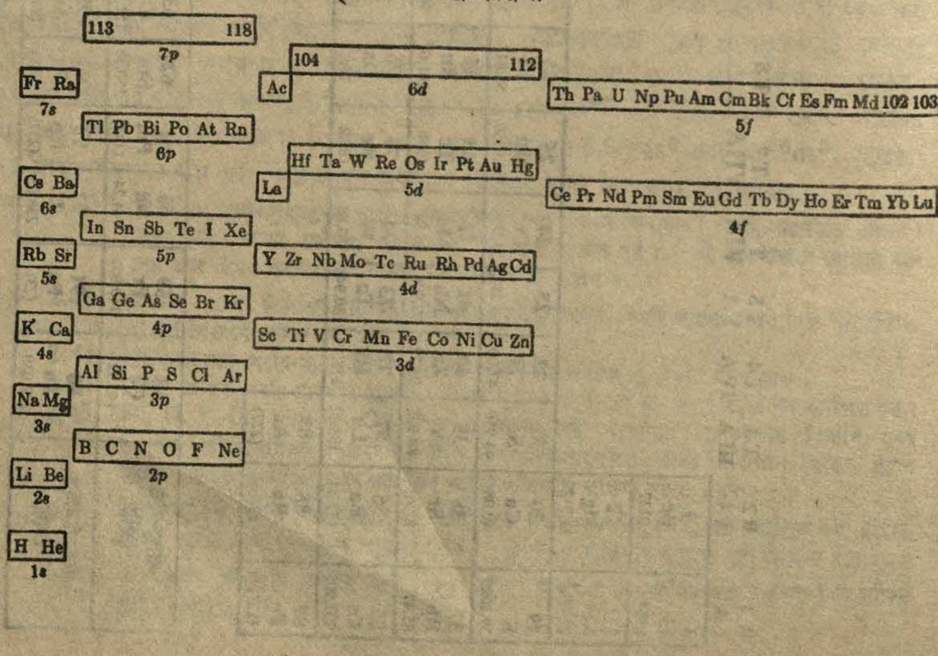
2.8 পরমাণুসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভিত্তিক পর্যায়-সারণী

পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলিকে বিন্যস্ত করা হয়েছে তাদের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের ভিত্তিতে। এখন, পরমাণুদের এই ধর্ম নির্ভরশীল তাদের পারমাণবিক ওজন এবং মূলত পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর, কারণ মোজ্‌লের পরীক্ষা প্রমাণ করেছে যে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা পরমাণুর অধিকতর গুরুত্বপূর্ণ মূল ধর্ম। সেইজন্য মেন্ডেলিফের পর্যায়-সূত্রটিকে সামান্য পরিবর্তিত আকারে প্রকাশ করা যেতে পারে এইভাবে : **"মৌলসমূহের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মগুলি তাদের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর পর্যাবৃত্তভাবে নির্ভরশীল।"** আবার পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস নির্ভর করে। সুতরাং, পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলির বিন্যাসের ভিত্তি আসলে তাদের পরমাণুদের গঠনপ্রকৃতি বা ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গি, যেমন হ্যালোজেন মৌলগুলিকে একই গ্রুপ VIIB-তে রাখা হয়েছে, কারণ এদের বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রনীয় বিন্যাস একইরূপ :

$$F - 2s^22p^5,\ Cl - 3s^23p^5,\ Br - 4s^24p^5 \text{ এবং } I - 5s^25p^5$$

অর্থাৎ, এদের প্রত্যেকেরই সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে দুটি s এবং 5টি p ইলেকট্রন বা মোট 7টি ইলেকট্রন বর্তমান। অনুরূপভাবে, ক্ষারীয় ধাতুগুলির প্রতিটির বহিস্তম কক্ষে

সারণী 2.8 : মৌলসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভিত্তিক লংগুয়েট ও হিগিনস্ এর পর্যায়-সারণী



1টি s-ইলেকট্রন বর্তমান, কাজেই এদের পর্যায়-সারণীর একই গ্রুপ—গ্রুপ IA-তে রাখা হয়েছে। অর্থাৎ, পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলির বিন্যাসের ভিত্তি আসলে ঐ মৌলসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস। পূর্বেকার পর্যায়-সারণীগুলিতে (যেমন, মেন্ডেলিফের সারণীতে) অবশ্য মৌলগুলিকে বিন্যস্ত করা হয়েছিল তাদের পাঃ ওজনের ক্রম অনুসারে, তখন মৌলগুলির পরমাণুর গঠন বা ইলেকট্রনীয় বিন্যাস সম্পর্কে জানা ছিল না, কিন্তু পাঃ ওজন এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্কের ক্রম মোটামুটিভাবে একইরূপ হওয়াতে মৌলগুলির বিন্যাসভঙ্গি প্রাচীন সারণী এবং আধুনিক সারণীগুলিতে খুব একটা স্বতন্ত্র ধরনের নয়। অধুনা মৌলসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ভিত্তিতে বেশ কয়েকটি পর্যায়-সারণী গড়ে উঠেছে। এর মধ্যে লংগুয়েট ও হিগিনস্-এর সারণীটি এখানে দেখানো হল (সারণী 2.8)। এই সারণীতে মৌলগুলিকে তাদের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ভিত্তিতে চারটি ব্লকে ভাগ করে দেখানো হয়েছে, যথা s ব্লক, p ব্লক, d ব্লক এবং f ব্লক। পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির ক্রম অনুসারে বিভিন্ন ইলেকট্রনীয় স্তর যেভাবে শক্তির ক্রম অনুযায়ী ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়, সেই ক্রম অনুযায়ী মৌলগুলিকে এই সারণীতে বিন্যস্ত করা হয়েছে। এই সারণী নির্দেশ করছে যে p ব্লকে আরও 6টি মৌল (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 113—118) এবং d ব্লকে আরও 7টি মৌল (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 106 থেকে 112) আবিষ্কৃত হতে পারে। (104 এবং 105 মৌলদ্বয় ইতিমধ্যেই আবিষ্কৃত, সুতরাং এদের উল্লেখ করা হল না)। অবশ্য বিশেষভাবে লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে এই সারণীর সঙ্গে দীর্ঘ পর্যায়-সারণীর মূলত কোন পার্থক্য নাই। **দীর্ঘ পর্যায়-সারণীটিও অবশ্য মৌলগুলির ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ভিত্তিক সারণীই।**

2.9 ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গির ভিত্তিতে মৌলসমূহের শ্রেণীবিন্যাস

পরমাণু সমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গির ভিত্তিতে মৌলগুলিকে চারটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়; যথা—(1) নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল, (2) প্রতিনিধি মৌল, (3) সন্ধিগত মৌল এবং (4) অভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল।

(1) নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল (Inert gas elements): যে সব মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস এরূপ যে, যে কয়টি কক্ষে ইলেকট্রন বর্তমান থাকে, তাদের প্রতিটিই ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে, সেই মৌলগুলিকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল বলে। হিলিয়াম ব্যতীত অপর সবকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের পরমাণুর বহিস্তম কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হল ns^2np^6 (n = বহিস্তম কক্ষের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা বা ক্রমিক সংখ্যা)। হিলিয়ামের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস অবশ্য $1s^2$।

নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলি রাসায়নিক ভাবে প্রায় নিষ্ক্রিয়। এদের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস খুবই স্থায়ী প্রকৃতির। যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী, যেহেতু এই মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ, গ্রহণ বা অন্য পরমাণুর সঙ্গে ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহার করে যৌগ গঠনের প্রবণতা প্রায় নাই বললেই চলে, সুতরাং এদের যোজ্যতা 0। পর্যায়-সারণীতে এদের অবস্থান সেইজন্য 0-গ্রুপে।

(2) প্রতিনিধি মৌল (Representative elements): এই সব মৌলের পরমাণুতে বহিস্তম কক্ষ ব্যতীত অন্য যে সব কক্ষের উপকক্ষে ইলেকট্রন থাকে, তাদের প্রতিটিতেই ইলেকট্রন থাকে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ সংখ্যায়। এদের পরমাণুর বহিস্তম কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস ns^1 থেকে শুরু করে ns^2np^{0-5} পর্যন্ত যে কোনরূপ হতে পারে। এই সব মৌলের বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রন সংখ্যা যত, পর্যায়-সারণীতে মৌলটির অবস্থান সেই ক্রমিক সংখ্যার গ্রুপে। পর্যায়-সারণীর গ্রুপ IA, IIA এবং গ্রুপ IIIB থেকে গ্রুপ VIIB-এর সমস্ত মৌলই এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে এই শ্রেণীর মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ, বর্জন বা অন্য পরমাণুর সঙ্গে এক বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহার করে পর্যায়-সারণীতে নিকটতম নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর ন্যায় ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করতে চেষ্টা করে। (অর্থাৎ বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ns^2 বা ns^2np^6 করতে চেষ্টা করে)।

(3) **সন্ধিগত মৌল (Transitional elements) :** যে সমস্ত মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রন দ্বারা আংশিকভাবে পূর্ণ d অরবাইটাল বর্তমান, তাদেরকে সন্ধিগত মৌল বলে। অধুনা অবশ্য এই সংজ্ঞাকে সামান্য পরিবর্ধিত করে বলা হয় যে, যে সকল মৌলের কোন-না-কোন জারণ অবস্থায় ইলেকট্রন দ্বারা আংশিক পূর্ণ d অরবাইটাল থাকে তাদেরকেও সন্ধিগত মৌল বলা যেতে পারে। সন্ধিগত মৌলের পরমাণুর বহিস্তম দুটি কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হল :

সারণী 2.9 : দীর্ঘ পর্যায়-সারণীতে মৌলসমূহের শ্রেণীবিন্যাস

পর্যায়	IA (প্রতিনিধি মৌল)	IIA (প্রতিনিধি মৌল)	IIIB (সন্ধিগত মৌল)	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIA (প্রতিনিধি মৌল)	IVA	VA	VIA	VIIA	0 (নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল)
1	H* 1																H 1	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	La* 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	Ac** 89	Ku 104	Ha 105													

6 * ল্যান্থানাইড শ্রেণী →	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lr 71
7 ** অ্যাকটিনাইড শ্রেণী →	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Ct 98	Es 199	Fm 100	Md 101	Na 102	Lw 103

$(n-1)\,d^{1-9}ns^{1-2}$ (n = বহিস্তম কক্ষের প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা)। Cu, Ag, Au-এর বহিস্তম দুটি কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস যদিও $(n-1)\,d^{10}ns^1$, তবুও যেহেতু এদের অন্তত একটি করে জারণ অবস্থায় অসম্পূর্ণভাবে ভর্তি d অরবাইটাল বর্তমান থাকে, সুতরাং পরিবর্ধিত সংজ্ঞা অনুযায়ী এদেরকেও সন্ধিগত মৌল বলা যায়। সংজ্ঞা অনুসারে সন্ধিগত মৌলের চারটি শ্রেণী থাকতে পারে। যথাক্রমে 3d, 4d, 5d এবং 6d অরবাইটালসমূহ অসম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন দ্বারা ভর্তি হবার ফলেই সন্ধিগত মৌলের এই চারটি শ্রেণীর উদ্ভব। প্রতিটি শ্রেণীর শুরু গ্রুপ IIIA থেকে এবং শেষ গ্রুপ IB-তে, শেষ শ্রেণীটি অবশ্য অসম্পূর্ণ প্রথম সন্ধিগত মৌলশ্রেণীতে রয়েছে Sc(21) থেকে Cu(29), দ্বিতীয় শ্রেণীতে Y(39) থেকে Ag(47), তৃতীয় শ্রেণীতে La(57) এবং Hf(72) থেকে Au(79)। চতুর্থ অসম্পূর্ণ শ্রেণীতে রয়েছে Ac(89)। [অবশ্য ল্যান্থানাইড (58—71) এবং অ্যাক্টিনাইড (90—103) শ্রেণীর মৌলগুলিও সন্ধিগত মৌলশ্রেণীরই অন্তর্গত। কিন্তু এদেরকে পৃথকভাবে শ্রেণীভুক্ত করা হয়েছে এদের পরমাণুতে এদের বৈশিষ্ট্যের জন্য দায়ী f ইলেকট্রন থাকার জন্য।]

প্রতিটি নির্দিষ্ট শ্রেণীর সন্ধিগত মৌলগুলির মধ্যে ধর্মগত মিল উল্লেখযোগ্য। সমস্ত সন্ধিগত মৌলই ধাতু। এই মৌলগুলি একাধিক জারণ বা যোজ্যতার অবস্থায় থাকতে পারে, এদের অনেক যৌগ এবং এদের থেকে উৎপন্ন আয়নগুলি সাধারণত রঙ্গীন হয়ে থাকে, এই মৌলগুলির জটিল যৌগ (Complex) গঠনের প্রবণতা তীব্র। প্রথম সন্ধিগত মৌলশ্রেণীর মৌলগুলির বহিস্তম দুটি কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নরূপঃ

	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
3d	1	2	3	5	5	6	7	8	10
4s	2	2	2	1	2	2	2	2	1

পর্যায়-সারণীতে গ্রুপ II B-এর মৌলগুলি, অর্থাৎ Zn, Cd, Hg সন্ধিগত মৌলশ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত হতে পারে না, কারণ এদের কোন জারণ অবস্থাতেই আংশিক পূর্ণ d অরবাইটাল থাকে না। সন্ধিগত মৌলগুলিকে d-ব্লক মৌলসমূহও বলা হয়ে থাকে।

(4) **অভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল (Inner transitional elements) ঃ** এই শ্রেণীর মৌলগুলি সন্ধিগত মৌলই, তবে এদের পরমাণুতে ইলেকট্রন দ্বারা আংশিকভাবে পূর্ণ d অরবাইটাল ছাড়াও আংশিকভাবে পূর্ণ f অরবাইটালও থাকে। এই ধরনের মৌলের বহিস্তম তিনটি কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস এইরূপ ঃ $(n-2)\,f^{1-13}\,(n-1)\,s^2p^6d^{0-1}\,ns^2$. ল্যান্থানাইড [Ce (58) থেকে Lu (71)] এবং অ্যাক্টিনাইড মৌলগুলি [Th (90) থেকে Lw (103)] এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। এই মৌলগুলিকে f-ব্লক মৌলসমূহ বলা হয়।

পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান (Position of Hydrogen in the Periodic Table) ঃ পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থানটি বহু বিতর্কিত। সাধারণত হাইড্রোজেনকে পর্যায়-সারণীর প্রথম পর্যায়ে গ্রুপ IA-তে ক্ষারীয় ধাতুগুলির সঙ্গে একত্রে এবং ঐ গ্রুপের শীর্ষদেশে স্থাপন করা হয়ে থাকে। এই গ্রুপে হাইড্রোজেনকে স্থাপন করার কারণ হল ঃ

(i) ক্ষারীয় ধাতুগুলির ন্যায় হাইড্রোজেনের যোজ্যতাও 1।

(ii) ক্ষারীয় ধাতুর ন্যায় হাইড্রোজেনেরও পরা তাড়িতিক ধর্ম বর্তমান। ক্ষারীয় ধাতব-পরমাণুর ন্যায় হাইড্রোজেন পরমাণুও এক একক পরা চার্জবাহী ক্যাটায়ন গঠন করতে পারে ঃ

$$Na \rightarrow Na^+ + e\,; \qquad H \rightarrow H^+ + e$$

বিগলিত ক্ষারীয় ধাতব ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে **ক্ষারীয় ধাতু ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়।** সেইরূপ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের লঘু জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে **হাইড্রোজেনও ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়।**

(iii) সংকর (alloy) গঠন একটি ধাতব ধর্ম, হাইড্রোজেন প্যালাডিয়ামের সঙ্গে এই ধরনের সংকর গঠন করে, হাইড্রোজেনের এই ধর্মটি ধাতুর ন্যায়। সুতরাং হাইড্রোজেনকে ক্ষারীয় ধাতুদের সঙ্গে একত্রে বসানো অযৌক্তিক নয়।

(iv) পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গিতেও হাইড্রোজেনের সঙ্গে ক্ষারীয় ধাতুগুলির সাদৃশ্য আছে, কারণ এদের প্রতিটির সর্ববহিস্থ কক্ষে একটি ইলেকট্রন বর্তমান এবং ইলেকট্রনটি হল s-ইলেকট্রন; H $1s^1$ Li $2s^1$ Na $3s^1$ K $4s^1$ Rb $5s^1$ Cs $6s^1$ Fr $7s^1$।

কিন্তু হাইড্রোজেনকে এইভাবে প্রথম পর্যায়ের গ্রুপ IA-তে বসালে, প্রথম পর্যায়ে হাইড্রোজেন এবং হিলিয়ামের মধ্যবর্তী ছয়টি স্থান ফাঁকা রয়ে যায় যেখানে ছয়টি মৌলের অবস্থান হবার কথা যাদের পাঃ ওজন 1 থেকে 4-এর মধ্যে হবে—বিষয়টি অবাস্তব এবং অসম্ভব।

অপরপক্ষে, হাইড্রোজেনকে প্রথম পর্যায়ে গ্রুপ VIIB-তে হ্যালোজেন মৌলগুলির সঙ্গে একত্রে গ্রুপশীর্ষে স্থাপন করার পক্ষেও বহুতর যুক্তি রয়েছে।

(i) হ্যালোজেন মৌলগুলিরও প্রধান যোজ্যতা 1, হাইড্রোজেনের যোজ্যতাও 1।

(ii) হ্যালোজেন মৌলগুলির ন্যায় হাইড্রোজেনও অধাতব মৌল।

(iii) সাধারণ অবস্থায় হ্যালোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক, হাইড্রোজেন অণুও দ্বি-পরমাণুক। সাধারণ তাপমাত্রায় হ্যালোজেনগুলির মধ্যে ফ্লুওরিন ও ক্লোরিন যেমন গ্যাস, হাইড্রোজেনও সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয়। ক্ষারীয় ধাতুগুলির অণু কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থাতেও এক-পরমাণুক।

(iv) জৈব যৌগ থেকে হাইড্রোজেনকে হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায় এবং সেক্ষেত্রে হ্যালোজেনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের ঠিক একটিই পরমাণুকে প্রতিস্থাপন করে।

(v) হ্যালোজেন মৌলগুলির পরমাণুর ন্যায় হাইড্রোজেন পরমাণুতেও পর্যায়-সারণীতে নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের পরমাণু থেকে মাত্র একটি ইলেকট্রন কম। হ্যালোজেন মৌলের পরমাণু যেমন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে নেগেটিভ হ্যালাইড আয়নে পরিবর্তিত হতে পারে, ঠিক তেমনিই H পরমাণুও একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে নেগেটিভ হাইড্রাইড আয়নে পরিবর্তিত হতে পারে: $X + e \rightarrow X^-$ (X = F, Cl, Br, I); $H + e \rightarrow H^-$

(vi) হ্যালোজেন মৌলগুলি যেমন ধাতব হ্যালাইড যৌগ (যথা—NaCl, KBr, KI ইত্যাদি) গঠন করে, হাইড্রোজেনও উচ্চ পরা তাড়িতিক ধাতুর সঙ্গে লবণ-প্রতিম হাইড্রাইড (যথা—LiH, NaH, CaH_2 ইত্যাদি) গঠন করে।

গলিত ধাতব হ্যালাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে হ্যালোজেন মৌল অ্যানোডে উৎপন্ন হয়। গলিত NaH বা CaH_2-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে হাইড্রোজেনও অ্যানোডে উৎপন্ন হয়। (ক্ষারীয় ধাতুকে কিন্তু কোন অবস্থাতেই অ্যানোডে উৎপন্ন করা সম্ভব নয়।)

(vii) হ্যালোজেন মৌলগুলি যেমন তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সমযোজী যৌগ গঠন করে, হাইড্রোজেনও ঐ ধরনের মৌলের সঙ্গে সমযোজী হাইড্রাইড যৌগ গঠন করতে পারে। (ক্ষারীয় ধাতুগুলি সমযোজী যৌগ গঠন করে না।)

(viii) ফ্লুওরিনের ঠিক উপরে হাইড্রোজেনকে স্থাপন করলে ফ্লুওরিন এবং হাইড্রোজেনের পাঃ ওজনের পার্থক্য দাঁড়ায় প্রায় 18, যা পর্যায়-সারণীতে একই গ্রুপভুক্ত ঠিক পর পর অবস্থিত দুটি হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলের ক্ষেত্রে পাঃ ওজন পার্থক্যের (16) খুব কাছাকাছি [যেমন—Cl (35) − F (19) = 16]। কিন্তু হাইড্রোজেনকে গ্রুপ IA-তে Li-এর উপরে স্থাপন করলে এই পার্থক্য 16 থেকে অনেক কম হয় [Li (7) − H (1) = 6]।

(ix) গ্রুপ VIIB-তে হাইড্রোজেনকে স্থাপন করলে H এবং He-এর মধ্যবর্তী স্থানে কোন ফাঁকা ঘর আর পড়ে থাকে না।

সুতরাং হাইড্রোজেনকে গ্রুপ IA-তে স্থাপন করার পক্ষেও যেমন যুক্তি আছে, গ্রুপ VIIB-তে বসাবার পক্ষেও তেমনই যুক্তি কিছু কম নেই। বিতর্ক পরিহার করতে, আধুনিক পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনকে সারণীর একেবারে উপরে সম্পূর্ণ পৃথক একটি স্থানে স্থাপন করা হয়ে থাকে।

2.10 তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (Electro-negativity)

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি সমযোজী যৌগ। H—Cl বন্ধনী বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধনী হলে সমযোজী বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় H পরমাণু এবং Cl পরমাণুর মধ্যবর্তী স্থানে উভয় পরমাণু থেকে ঠিক সমদূরত্বে অবস্থান করত এবং সেক্ষেত্রে H—Cl বন্ধনীর কোন আয়নীয় প্রকৃতি (ionic character) থাকার কথা নয়। প্রকৃতপক্ষে কিন্তু H—Cl বন্ধনীর মধ্যে খানিকটা আয়নীয় প্রকৃতির প্রমাণ মেলে। এর কারণ হল HCl অণুতে H এবং Cl পরমাণুর নিজের দিকে বন্ধীয় ইলেকট্রন আকর্ষণ করার ক্ষমতা বিভিন্ন—Cl-এর এই ক্ষমতা H অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে বেশী, ফলে ইলেকট্রন জোড় Cl পরমাণুর দিকে খানিকটা বেশী সরে যাবে যার পরিণতিতে Cl-এর উপর সামান্য অপরা চার্জ এবং H-এর উপরে খানিকটা পরা চার্জের উদ্ভব হবে : $\overset{\delta^+}{H} : \overset{\delta^-}{Cl}$ । যে ধর্মের প্রভাবে ক্লোরিন হাইড্রোজেনের তুলনায় অধিকতর শক্তিতে নিজের দিকে এভাবে বন্ধীয় ইলেকট্রন যুগল আকর্ষণ করতে সমর্থ হয় তাকেই **তড়িৎ-ঋণাত্মকতা** (electro-negativity) বলে।

পলিং (L. Pauling) তড়িৎ-ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা দেন এইভাবে :

কোন অণুতে কোন পরমাণুর নিজের দিকে ইলেকট্রন আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ অণুতে ঐ পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বলে। [মনে রাখতে হবে যে (i) 'অণু' বললেই সমযোজীয় পদার্থ বুঝতে হবে, কারণ আয়নীয় পদার্থ অণুরূপে থাকে না, থাকে আয়নীয় সম্মিলনী রূপে—এ সম্পর্কে পরবর্তী অধ্যায়ে বিস্তৃত আলোচনা করা হয়েছে। (ii) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বিচ্ছিন্ন স্বতন্ত্র পরমাণুর ধর্ম নয়, নির্দিষ্ট অণুতে পরমাণুর ধর্ম]।

কয়েকটি মৌলের উপাদান পরমাণু থেকে উৎপাদন-তাপ (heat of formation) থেকে এবং ঐসব মৌলের কয়েকটি সাধারণ যৌগের উৎপাদন-তাপ থেকে পলিং ঐসব মৌলের পরমাণুর তুলনামূলক তড়িৎ-ঋণাত্মকতার একটি স্কেল (Relative electro-negativity scale) প্রস্তুত করতে সমর্থ হন। নীচের সারণীতে মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান (পলিং স্কেলে) প্রদত্ত হল :

সারণী 2.10 : বিভিন্ন মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (পলিং স্কেলে)

H 2.1																	He —
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0	Ne —
Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ar —
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr —
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe —
Cs 0.7	Ba 0.9	La–Lu 1.1–1.2	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	Rn —
Fr 0.7	Ra 0.9	*															

*	Ac 1.1	Th 1.3	Pa 1.5	U 1.7	Np–Lw 1.3

[পলিং ছাড়াও আরও অনেকেই তড়িৎ-ঋণাত্মকতার সংজ্ঞা বিভিন্ন ভাবে দিয়েছেন—এদের মধ্যে রয়েছেন মুলিকান (Mulliken), অ্যালরেড এবং রোচো (Allred and Rochow) প্রমুখ।

মুলিকানের মতে কোন মৌলের পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হল এর আয়নীকরণ বা আয়নন-বিভব (Ionisation potential) এবং ইলেকট্রন-আসক্তির (Electro-affinity) গড় মান। অর্থাৎ, কোন মৌলের আয়নীকরণ-বিভব যদি I হয়, এর ইলেকট্রন-আসক্তি যদি A হয়, তবে মুলিকানের মতে ঐ মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (X_M) হল : $X_M = \frac{I+A}{2}$

I এবং A দুটির মানই যদি ইলেকট্রন-ভোল্ট (eV) এককে প্রকাশ করা যায় তবে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার যে মান পাওয়া যায় তাকে 3·15 এই সংখ্যাটি দিয়ে ভাগ করলে পলিং-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা পাওয়া যায়। অর্থাৎ, সেক্ষেত্রে—

$X_P = \frac{X_M}{3 \cdot 15}$ যেখানে, X_P = পলিং-এর স্কেলে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা

এবং X_M = মুলিকানের স্কেলে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা।]

তড়িৎ-ঋণাত্মকতার বহুতর সংজ্ঞার মধ্যে পলিং-এর সংজ্ঞাই বহুল প্রচারিত এবং সচরাচর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান পলিং-স্কেল অনুযায়ী প্রকাশ করা হয়ে থাকে।

মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা এদের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সঙ্গে পর্যায়ক্রমে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ, তড়িৎ-ঋণাত্মকতা একটি পর্যায়গত ধর্ম (periodic property)। পর্যায়-সারণীতে একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান ক্ষুদ্রতম আকারের পরমাণু বিশিষ্ট মৌলের ক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশী এবং বৃহত্তম আকারের পরমাণু বিশিষ্ট মৌলের ক্ষেত্রে সবচেয়ে কম। পর্যায়ের বাঁদিক থেকে ডানদিকে গ্রুপ VII পর্যন্ত অগ্রসর হলে পরমাণুর আকার হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান ক্রমশ বাড়তে থাকে এবং পর্যায়ের হ্যালোজেন পরিবারভুক্ত মৌলের ক্ষেত্রে এই মান সর্বোচ্চ হয়। অপরপক্ষে, পর্যায়-সারণীর একটি নির্দিষ্ট গ্রুপের ক্ষেত্রে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান উপর থেকে নীচের দিকে পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ক্রমশ কমতে থাকে। হ্রস্ব পর্যায়-সারণী (Short Periodic Table) বা মেন্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর একই পর্যায়ভুক্ত কোন নির্দিষ্ট গ্রুপের A সাব-গ্রুপের মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান B সাব-গ্রুপের মৌলসমূহের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান থেকে নিম্নতর হয় (যেমন, ৪র্থ পর্যায়ের গ্রুপ IA-এর K IB-এর Cu অপেক্ষা নিম্নতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন)। তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান বৃদ্ধি পেলে অধাতব ধর্ম বৃদ্ধি পায় এবং ঐ মান হ্রাস পেলে ধাতব ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

মৌলসমূহের মধ্যে ফ্লুওরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে বেশী, এর পর অক্সিজেনের স্থান, তারপরই স্থান হল নাইট্রোজেন এবং ক্লোরিনের।

অধাতব মৌলসমূহের ক্ষেত্রে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান বৃদ্ধি পেলে রাসায়নিক সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। হ্যালোজেন পরিবারে ফ্লুওরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচেয়ে বেশী, এটির রাসায়নিক সক্রিয়তাও বেশী।

উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলসমূহের পরমাণুগুলি সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়। কিন্তু নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণু উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় আয়নীয় বন্ধনীর মাধ্যমে ; নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণু অপর একটি নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হলে অথবা একই নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণুগুলি পরস্পরে যুক্ত হলে যে বন্ধনীর সৃষ্টি হয় তা ঠিক সমযোজীও নয়, আয়নীয়ও নয়—নতুন এক ধরনের বন্ধনী যাকে বলে ধাতব-বন্ধনী (Metallic bonding)। সবশেষে, একটি বিষয় বিশেষভাবে উল্লেখ্য : কোন মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান বিভিন্ন যৌগে বিভিন্নরূপ হতে পারে। যেমন SCl_2 যৌগে S-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা এবং SF_6 যৌগে S-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান এক নয়—দ্বিতীয় যৌগটিতে

S-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা তুলনামূলকভাবে উচ্চতর। সাধারণত মৌল যদি উচ্চতর জারণ-অবস্থায় বর্তমান থাকে তবে তার তড়িৎ-ঋণাত্মকতা উচ্চতর হয়, কারণ উচ্চতর জারণ অবস্থায় বর্তমান মৌল প্রবলতরভাবে নিজের দিকে ইলেকট্রন আকর্ষণ করতে পারে। (তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পর্কিত আরও কিছু আলোচনা পরের অধ্যায়ে করা হয়েছে)।

প্রশ্ন : 2.46 দীর্ঘ পর্যায়-সারণী এবং হ্রস্ব পর্যায়-সারণীর মধ্যে কি পার্থক্য? কোন্‌টির ব্যবহার অধিকতর সুবিধাজনক মনে হয়?

2.47 নীচে কয়েকটি মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক দেওয়া হল। এদের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লেখ :
(a) 11 (b) 18 (c) 26 (d) 31
(i) এদের কোন্‌টিকে কি ধরনের মৌল বলে?
(ii) এদের প্রতিটির সম্ভাব্য যোজ্যতা কত?
(iii) পর্যায়-সারণীতে এদের অবস্থান কোন্ কোন্ গ্রুপে হবার সম্ভাবনা?

2.48 "সন্ধিগত মৌল" কাদের বলে? Zn-কে কি সন্ধিগত মৌল বলা যায়?

2.49 মেণ্ডেলিফ-কথিত সন্ধিগত মৌল এবং পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ভিত্তিতে সংজ্ঞা দেওয়া সন্ধিগত মৌলের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?

2.50 আন্ত-সন্ধিগত মৌলগুলির পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের দিকের ইলেকট্রনীয় কক্ষগুলির সাধারণ ইলেকট্রন-বিন্যাস কিরূপ?

2.51 নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল কোন্‌গুলি? পর্যায়-সারণীতে এদের অবস্থান কি যুক্তিযুক্ত মনে হয়?

2.52 নীচের মৌলগুলিকে s—, p—, d— এবং f—ব্লক মৌলরূপে চিহ্নিত কর :
(a) Na (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 11) (b) Cl (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 17)
(c) Ce (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 58) (d) Ti (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 22)

সারণী 2.11 : দীর্ঘ পর্যায়-সারণীতে বিন্যস্ত মৌলসমূহের বিভিন্ন ধরনের ধাতু এবং অধাতু রূপে শ্রেণীবিভাগ :

হাল্কাধাতু ভারীধাতু অধাতু

ভঙ্গুর নমনীয়

H 1																	He 2
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 46	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	* 57 – 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	** 89 – 103															

*	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
**	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Em 100	Md 101	No 102	Lw 103

অনুশীলনী

1. পর্যায়-সারণী বলতে কি বোঝা যায়? মৌলসমূহের পর্যায়-সারণী প্রস্তুতির যৌক্তিকতা কি? মৌলসমূহের পারমাণবিক ওজন-ভিত্তিক বিন্যাস প্রচেষ্টা কবে থেকে শুরু হয়? "ত্রয়ী সূত্র"টি বিবৃত কর। কয়েকটি উদাহরণ নিয়ে এই সূত্রের প্রয়োগ দেখাও।

2. নিউল্যান্ডের অকটেভ সূত্রটি কি? এই সূত্রটির সাহায্যে কি সকল মৌলের সুষ্ঠু বিন্যাস সম্ভব?

3. মেণ্ডেলিফের পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর। "পর্যাবৃত্তভাবে ধর্মের পরিবর্তন" বলতে কি বোঝা যায়?
'পর্যায়' এবং 'গ্রুপ' বা শ্রেণী বলতে কি বোঝায়? মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর আধুনিক ভাষ্যরূপে কয়টি পর্যায় এবং কয়টি শ্রেণী আছে? প্রথম তিনটি পর্যায়ের নাম উল্লেখ কর এবং ঐ পর্যায়গুলিতে বর্তমান মৌলগুলির অবস্থান দেখাও।

4. (a) সাব-গ্রুপ বা উপ-শ্রেণী এবং জোড় ও বিজোড় শ্রেণী বলতে কি বোঝা যায়? গ্রুপ এবং সাবগ্রুপের বৈশিষ্ট্য একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
 (b) সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও সিলিকনের অক্সাইডগুলির একটি রাসায়নিক ধর্মের নিয়মিত ক্রমবিবর্তন দেখিয়ে দাও। (H. S., 1978)

5. মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর উপযোগিতা এবং প্রয়োগ সম্পর্কে আলোচনা কর।

6. ইণ্ডিয়াম (In) ধাতুকে জিঙ্কের খনিজে পাওয়া যায় বলে প্রথমে মনে করা হত In-এর যোজ্যতা 2, সেই অনুযায়ী ইণ্ডিয়ামের পাঃ ওজন কত হবার কথা? (In-এর তুল্যাঙ্কভার=38)। পরে দেখা যায় ইণ্ডিয়ামের সাথে অ্যালুমিনিয়ামেরই ধর্মগত মিল রয়েছে। তাহলে ইণ্ডিয়ামের (i) প্রকৃত পাঃ ওজন কত হওয়া উচিত? (ii) পর্যায় সারণীর কোন্ গ্রুপে In-এর অবস্থান হওয়া উচিত?

7. মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর ত্রুটিগুলি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

8. মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্কের মধ্যে কোন্‌টি মৌলের অধিকতর গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম? কেন?
এ প্রসঙ্গে মেণ্ডেলিফের পর্যায় সূত্রের আধুনিক পরিবর্তিত রূপটি বিবৃত কর।

9. মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর ত্রুটিগুলির কারণ আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

10. নীচের মৌলগুলিকে বা যৌগগুলিকে যেভাবে নির্দেশ দেওয়া আছে সেইভাবে সাজাও:
 (i) O, Te, Se, S—তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্রমবর্ধমান মান অনুযায়ী।
 (ii) P, N, Bi, As, Sb—ক্রমবর্ধমান ধাতব-ধর্মিতা অনুযায়ী।
 (iii) K_2O, Sc_2O_3, CaO, TiO_2, Cr_2O_3, V_2O_5, Mn_2O_7—ক্রমবর্ধমান অম্ল-ধর্মিতা অনুযায়ী।
 (iv) Mg, Na, Si, Al, S, P, Cl—ক্রমবর্ধমান গ্রুপ-যোজ্যতা অনুযায়ী।
 (v) Cl, I, Br, F—ক্রমহ্রাসমান ইলেকট্রন-আসক্তি অনুযায়ী।
 (vi) Na, K, Li, Cs, Rb, Fr—ক্রমবর্ধমান পরমাণু-ব্যাসার্ধ অনুযায়ী।
 (vii) C, Pb, Si, Sn—ক্রমহ্রাসমান আয়নীকরণ-বিভব অনুযায়ী।
 (viii) I, Br, F, Cl—ক্রমবর্ধমান রাসায়নিক সক্রিয়তা অনুযায়ী।

11. ব্যাখ্যাসহ নিম্নলিখিত বক্তব্য বিষয়গুলির কোন্‌টি ভুল আর কোন্‌টি নির্ভুল তা লেখ:
 (a) সোডিয়াম থেকে নিয়নে যেতে একই পর্যায়ের (period) পরমাণুর আয়তন ক্রমশঃ কমে যায়।
 (b) লিথিয়াম থেকে পটাসিয়ামে যেতে একই শ্রেণীর (group) পরমাণুর আয়তন ক্রমশঃ কমে।
 (c) দুটি মৌলের ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^22s^22p^1$ এবং $1s^22s^22p^63s^23p^1$; এই মৌল দুটি পর্যায় সারণীর বিভিন্ন শ্রেণীর (group) অন্তর্ভুক্ত হবে।

(d) একটি পরমাণুতে 6টি প্রোটন এবং 6টি নিউট্রন কেন্দ্রকে আছে। আর একটি পরমাণুর কেন্দ্রকে 6টি প্রোটন এবং 8টি নিউট্রন আছে। এই দুটি পরমাণু সম্পূর্ণ ভিন্ন দুটি মৌলের এবং এরা পর্যায় সারণীর দুটি ভিন্ন গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত হবে। (H. S., 1979)

12. মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে (i) হাইড্রোজেনের অবস্থান, (ii) সন্ধিগত মৌলগুলির বিভিন্ন গ্রুপে অবস্থান এবং (iii) বিরল মৃত্তিক মৌলগুলির একই স্থানে অবস্থান সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।
(সন্ধিগত মৌল বলতে আধুনিক ধারণা অনুযায়ী সন্ধিগত মৌলগুলির কথাই বুঝতে হবে)

13. দীর্ঘ পর্যায় সারণী এবং মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর আধুনিক ভাষারূপের মধ্যে একটি সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর। কোন্ সারণীটির ব্যবহার অধিকতর সুবিধাজনক ?

14. নীচে চারটি মৌলের পরমাণুর একেবারে বাইরের দিকের একটি বা দুটি কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস দেওয়া হলঃ
(a) $3d^04s^1$ (b) $3s^23p^5$ (c) $4s^24p^6$ (d) $3d^84s^2$. এই মৌলগুলির কোন্‌টি কোন্ ধরনের মৌল ? পর্যায় সারণীতে এদের অবস্থান কোন্‌টির কোন্ গ্রুপে এবং কোন্ পর্যায়ে ? মৌলগুলির প্রতিটির সম্ভাব্য যোজ্যতা কত কত ?

15. মৌলসমূহের পরমাণুগুলির ইলেকট্রনীয় বিন্যাস অনুযায়ী মৌলগুলিকে কয়টি শ্রেণীতে ভাগ করা যায় ? এই শ্রেণীগুলি কি কি ? এদের বৈশিষ্ট্যগুলি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

16. সন্ধিগত মৌল কাদের বলে ? এদের পরমাণুর বাইরের দুটি কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস সাধারণভাবে কিভাবে প্রকাশ করা যায় ?
কোন সন্ধিগত মৌলের গ্রুপ যোজ্যতা এবং পর্যায় সারণীতে এটি কোন্ গ্রুপে অবস্থান করবে কিভাবে জানা যেতে পারে ?
[**উত্তর-আভাষ**ঃ (শেষাংশ)ঃ সন্ধিগত মৌলের ক্ষেত্রে সাধারণত পরমাণুর সর্বশেষের দুটি কক্ষের, অর্থাৎ (n—1)d এবং ns স্তরের মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা দ্বারাই নির্দিষ্ট মৌলের গ্রুপ-যোজ্যতা স্থিরীকৃত হয়, তবে এই নীতিটি মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 8 পর্যন্ত প্রযোজ্য, মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 10 হলেও সাধারণত গ্রুপ-যোজ্যতা 8ই হবে। মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 10 এর বেশী হলে ns কক্ষের ইলেকট্রন সংখ্যাই সাধারণত গ্রুপ-যোজ্যতা নির্দেশকঃ যেমন, V-এর বাইরের কক্ষ দুটির ইলেকট্রন-বিন্যাস $3d^34s^2$—এর গ্রুপ-যোজ্যতা হল (3+2) বা 5। Fe-এর ঐ ইলেকট্রন-বিন্যাস $3d^64s^2$—গ্রুপ-যোজ্যতা (6+2) বা 8। Cu-এর ইলেকট্রন-বিন্যাস $3d^{10}4s^1$→গ্রুপ-যোজ্যতা 1। Co→$3d^74s^2$। গ্রুপ-যোজ্যতা 8। Ni→ $3d^84s^2$→গ্রুপ-যোজ্যতা 8। গ্রুপ-যোজ্যতা যত মৌলটির অবস্থানও সেই গ্রুপে হবে।]

17. মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কাকে বলে ? পর্যায় সারণীর বিভিন্ন পর্যায়ে এবং গ্রুপে মৌলগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পর্যায়ক্রমিক পরিবর্তন সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

18. ইলেকট্রন-আসক্তি এবং তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মধ্যে পার্থক্য কোথায় ? ফ্লুওরিন এবং ক্লোরিনের মধ্যে কার ইলেকট্রন-আসক্তি বেশী। কার তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেশী ?

19. দুই মৌল A এবং B পরস্পর যুক্ত হয়ে AB যৌগ গঠন করে।
(a) A এর আয়নীকরণ বিভবের মান কম এবং B এর ইলেকট্রন-আসক্তির মান বেশী হলে AB যৌগের প্রকৃতি কেমন হবার সম্ভাবনা ?

(b) A এবং B উভয়ের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান উচ্চ হলে AB যৌগের প্রকৃতি কেমন হবার সম্ভাবনা।

(c) A এবং B উভয়েরই আয়নীকরণ বিভবের মান খুব কম হলে A এবং B এর মধ্যেকার বন্ধনী কিরূপ হবার সম্ভাবনা?

20. (a) পর্যায় সূত্রটিকে এর আধুনিক রূপে বিবৃত কর। সোডিয়াম (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 11) এবং পটাসিয়াম (পঃ ক্রমাঙ্ক 19) অনুরূপ রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন কেন ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ভিত্তিতে তার ব্যাখ্যা দাও। উদাহরণ হিসাবে দুটি অনুরূপ রাসায়নিক ধর্মের উল্লেখ করে বিষয়টি বুঝিয়ে দাও। (J. E. E. 1981)

(b) পর্যায়গত শ্রেণীবিন্যাসে আরগন (পারমাণবিক ওজন 39·94)-কে কেন সঠিক-ভাবেই পটাসিয়ামের (পাঃ ওজন 39·10) পূর্বে স্থাপন করা হয়েছে, সুস্পষ্ট ব্যাখ্যাসহ বুঝিয়ে বল। (J. E. E. 1982)

21. (a) পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অনুসারে পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর। পর্যায়-সারণীতে একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ের বৈশিষ্ট্য কি কি তাও বর্ণনা কর।

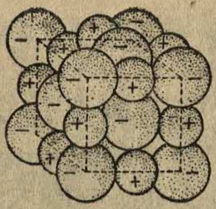
(b) পর্যায় সারণীতে তাদের অবস্থান থেকে (i) হ্যালোজেন পরিবারের সর্বাপেক্ষা অধিক ইলেকট্রোনেগেটিভ এবং (ii) S_{16} এবং Cl_{17} মৌলদ্বয়ের মধ্যে অধিকতর ইলেকট্রো-পজিটিভ মৌলটির নাম উল্লেখ কর। (H. S. 1982)

22. (a) "পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান সুনির্দিষ্ট নয়"—এই উক্তির সমর্থনে যুক্তি দাও। (H. S. 1983)

(b) একটি মৌল পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ে স্থান পেয়েছে। মৌলটির পরমাণু-কেন্দ্রীনে ৪টি প্রোটন এবং ৪টি নিউট্রন আছে। মৌলটির ভরসংখ্যা নির্ণয় কর। এর পরমাণুতে বিভিন্ন কক্ষে এবং উপকক্ষে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস দেখাও। পর্যায় সারণীর কোন্ গ্রুপে মৌলটি অবস্থান করে? মৌলটির নাম বল। (J.E.E. '79)

23. গ্রুপ IA-এর ধাতুগুলির ঘনত্ব (গ্রা/মি, লি,) নীচে দেওয়া হলঃ
Li=0.534 ; Na=0.972 ; K=0.860 ; Rb=1.525 ; Cs=1.90. এই সব ধাতুগুলির পারমাণবিক আবতন নির্ণয় কর।

(উঃ 12.9, 23.7, 45.5, 56.1, 69.8)



রাসায়নিক বন্ধনী

[CHEMICAL BOND]

3

Syllabus : Chemical bond—electrovalent, covalent and coordinate bonds. Simple properties of electrovalent and covalent compounds with special reference to the compounds mentioned in Paper I (B). Polarity of bonds. Hydrogen bond (Elementary idea).

3.1 রাসায়নিক বন্ধনী (Chemical Bond)

যে আকর্ষণী বলের প্রভাবে দুটি পরমাণু কোন অণুতে (মৌল বা যৌগ) বা আয়নীয় জোটে একত্রে গ্রথিত হয়ে থাকে তাই হল রাসায়নিক বন্ধনী। পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত ধারণার ভিত্তিতে একথা নির্দ্বিধায় বলা যায় যে রাসায়নিক বন্ধনী অবশ্যই তাড়িতিক প্রকৃতির (electrical nature) হবে এবং বন্ধনী গঠন একত্রে গ্রথিত পরমাণুগুলির ইলেকট্রনীয় গঠনের উপর নির্ভর করবে।

রাসায়নিক বন্ধনী সম্পর্কে আলোচনা করতে গেলে প্রথমেই যে প্রশ্নটি মনে জাগে তা হল পরমাণুগুলি আদৌ রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হবার প্রবণতা দেখায় কেন ? এ প্রশ্নের সম্ভাব্য উত্তর হল রাসায়নিক সংযোগের মাধ্যমে পরমাণুগুলি ইলেকট্রনীয় গঠনের দিক থেকে অধিকতর সুস্থিতি অর্জন করতে চায়। রাসায়নিক সংযোগের মাধ্যমে সংযোগী পরমাণু সমন্বিত সিস্টেম যদি প্রাক-সংযোগ অবস্থা থেকে নিম্নতর শক্তির অবস্থায় পৌঁছাতে পারে তবেই সংযোগী পরমাণুগুলির মধ্যেকার রাসায়নিক বন্ধনী দৃঢ় ও স্থায়ী প্রকৃতির হয়।

পলিং (Linus Pauling)-এর মতে দুটি পরমাণুর মধ্যে তখনই রাসায়নিক বন্ধনীর সৃষ্টি হতে পারে যখন ঐ পরমাণুদ্বয়ের মধ্যেকার বন্ধনীর বল অন্তত এতখানি প্রবল হবে যাতে করে সংযোগের ফলে সৃষ্ট নমুনার সুস্থিতি ঐ নমুনাকে স্বতন্ত্র আণবিক নমুনারূপে গণ্য করা চলে এরূপ হবে। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পরমাণুগুলির মধ্যেকার বন্ধনী ভেঙ্গে যায় এবং নতুন বন্ধনী গঠিত হয় এমনভাবে যাতে সিস্টেম অধিকতর সুস্থিতি অর্জন করতে পারে।

রাসায়নিক বন্ধনী বহু প্রকারের হতে পারে। তবে মূলত পাঁচ ধরনের রাসায়নিক বন্ধনীর সঙ্গে আমরা সচরাচর পরিচিত। এগুলি হল : আয়নীয় বন্ধনী (Ionic bond), সমযোজী বন্ধনী (Covalent bond), ধাতব বন্ধনী (Metallic bond), হাইড্রোজেন বন্ধনী (Hydrogen bond) এবং ভ্যানডারওয়াল্‌স বলসমূহ (Vanderwaals forces)।

পাঠ্যসূচীর সীমাবদ্ধ পরিসরে এখানে কেবল আয়নীয় বন্ধনী, সমযোজী বন্ধনী এবং হাইড্রোজেন বন্ধনী সম্পর্কে আলোচনার সুযোগ রয়েছে। আয়নীয় বন্ধনী এবং সমযোজী বন্ধনী সম্পর্কে আলোচনা করতে গেলেই অবশ্য যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব প্রসঙ্গত আলোচনা অপরিহার্য, কারণ এই তত্ত্ব থেকেই ঐ দুই ধরনের বন্ধনী সম্পর্কিত ধারণার উদ্ভব।

3.2 যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব (Electronic Theory of Valency)

পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন সম্পর্কে স্বচ্ছ ধারণার ভিত্তিতে যোজ্যতার একটি ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব গড়ে ওঠে। এই তত্ত্বের উদ্যোক্তা হলেন লিউইস (G. N. Lewis) এবং কোসেল (Kossel), তত্ত্বটিকে পরবর্তীকালে পরিবর্ধিত করেন ল্যাঙ্গমুয়ার (Langmuir)।

যে ধারণাগুলির ভিত্তিতে তত্ত্বটি গড়ে উঠেছে সেগুলি হল :

(i) পরমাণুর যোজ্যতার জন্য দায়ী হল পরমাণু মধ্যস্থ ইলেকট্রন—তবে সব ইলেকট্রন নয়—কেবল সর্ববহিস্থ কক্ষীয় ইলেকট্রনগুলি (এক বা একাধিক) এবং কোন কোন ক্ষেত্রে সর্ববহিস্থ

কক্ষের ঠিক পূর্ববর্তী কক্ষেরও কয়েকটি ইলেকট্রন যোজ্যতার জন্য দায়ী। এই ইলেকট্রনগুলিকে বলে যোজন ইলেকট্রনসমূহ (valence electrons)।

(ii) সমস্ত মৌলই রাসায়নিক সংযোগের মাধ্যমে পর্যায় সারণীতে নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের পরমাণুর সুস্থিত ইলেকট্রনীয় বিন্যাস লাভ করতে চায়। নিষ্ক্রিয় গ্যাস-মৌলের পরমাণু রাসায়নিক সংযোগের প্রবণতা দেখায় না এবং এদের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস অত্যন্ত সুস্থিত প্রকৃতির বলে মনে করা হয়ে থাকে। হিলিয়াম ব্যতীত অন্য সব কয়টি নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে আটটি ইলেকট্রন বর্তমান—কাজেই অধিকাংশ মৌলের পরমাণুই রাসায়নিক সংযোগকালে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষ আটটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ করতে চায়—মৌলসমূহের পরমাণুগুলির সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষের অষ্টক পূর্ণ করার এই প্রবণতাকে বলা হয় অষ্টক সূত্র (Octet rule)।

পর্যায়-সারণীতে হিলিয়ামের কাছাকাছি বর্তমান কয়েকটি মৌল রাসায়নিক সংযোগের মাধ্যমে তাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে 2টি ইলেকট্রন স্থাপন করতে চায়—এই প্রবণতাকে বলে দ্বৈত-সূত্র (Rule of duplet)।

মূলত এই দুটি সূত্রের বনিয়াদের ওপরে দাঁড়িয়েই যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ গড়ে উঠেছে। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী মৌলসমূহের প্রধানত দুই ধরনের যোজ্যতা প্রকাশ পেতে পারে; যথা—(i) আয়নীয় যোজ্যতা বা তড়িৎ-যোজ্যতা (Ionic valency or Electro-valency) এবং (ii) সমযোজ্যতা (Co-valency)। তৃতীয় আর এক ধরনের যোজ্যতার কথাও অবশ্য বলা হয়ে থাকে; যথা—কো-অর্ডিনেট সম-যোজ্যতা (Co-ordinate co-valency); তবে এটি বিশেষ ধরনের সমযোজ্যতা ছাড়া কিছু নয়।

প্রশ্ন : 3.1 রাসায়নিক বন্ধনী বলতে কি বোঝা যায়? বন্ধনী শক্তির সম্ভাব্য প্রকৃতি কিরূপ?

3.2 দুটি পরমাণু রাসায়নিকভাবে যুক্ত হবার প্রবণতা দেখায় কেন?

3.3 দুটি পরমাণুর মধ্যে স্থায়ী রাসায়নিক বন্ধনী কখন রচিত হয়?

3.4 রাসায়নিক বন্ধনী মূলত কয় ধরনের হতে পারে?

3.5 যোজন ইলেকট্রন বলতে কি বোঝায়?

3.6 যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের ভিত্তি যে মূল বক্তব্য সেটি কি?

3.7 নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির নাম কর। পর্যায়-সারণীতে এরা কোন্ গ্রুপে অবস্থিত?

3.8 নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির প্রতিটির পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস লেখ। এই মৌলগুলির প্রতিটির যোজ্যতা কত?

3.9 নিচের দুটি বিবৃতির মধ্যে কোন্‌টি সত্য কোন্‌টি মিথ্যা?

(a) নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গি খুবই সুস্থিত প্রকৃতির।

(b) নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির পরমাণুতে ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভঙ্গি তেমন সুস্থিত প্রকৃতির নয়।

3.10 যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী মৌলসমূহের যোজ্যতা মূলত কয় ধরনের হতে পারে? কি কি?

3.11 অষ্টক সূত্রটি কি? রাসায়নিক সংযোগকালে হাইড্রোজেন এবং লিথিয়াম (পরমাণু-ক্রমাংক 3) তাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে কি আটটি ইলেকট্রন রাখতে চেষ্টা করবে?

● তড়িৎ যোজ্যতা বা আয়নীয় যোজ্যতা এবং তড়িৎ যোজী বন্ধনী বা আয়নীয় বন্ধনী (Electro valency or Ionic valency and electro-valent or ionic bond):

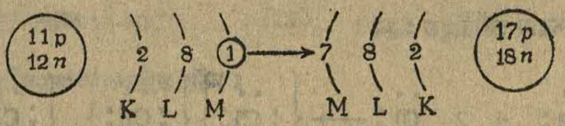
একটি উদাহরণ নিয়ে আলোচনা শুরু করা যেতে পারে। ধরা যাক, একটি সোডিয়াম পরমাণু এবং একটি ক্লোরিন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করছে।

সোডিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হল: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$। একটি 3s ইলেকট্রন ত্যাগ করলে এই ইলেকট্রন বিন্যাস হয় $1s^2 2s^2 2p^6$—যা পর্যায়-সারণীতে সোডিয়ামের নিকটবর্তী

নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল Ne-এর ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের অনুরূপ। (সোডিয়াম পরমাণুর পক্ষে যদি 7টি ইলেকট্রন গ্রহণ করা সম্ভব হত তাহলেও এটি বহিস্তম কক্ষে ইলেকট্রনীয় অষ্টক পূর্ণ করতে পারত, কিন্তু 7টি ইলেকট্রন গ্রহণ সোডিয়াম পরমাণুর পক্ষে অসম্ভব ব্যাপার।)

অনুরূপভাবে ক্লোরিন-পরমাণু (ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$) একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করলেই বহিস্তম কক্ষে (M shell-এ) ইলেকট্রনীয় অষ্টক পূর্ণ করে পর্যায়-সারণীতে নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল আরগনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) লাভ করতে পারে।

তাহলে, সোডিয়াম পরমাণু থেকে 3s ইলেকট্রনটি ক্লোরিন পরমাণুতে স্থানান্তরিত হলে উভয় পরমাণুই তাদের অষ্টক পূর্তি করতে পারে। এই ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমেই সোডিয়াম এবং ক্লোরিনের রাসায়নিক মিলন সংঘটিত হয়ে থাকে। 23 ভরসংখ্যার সোডিয়াম পরমাণু এবং 35 ভরসংখ্যার ক্লোরিন পরমাণুর মধ্যে বিক্রিয়াটির সরল ইলেকট্রনীয় চিত্ররূপ এইভাবে দেওয়া যেতে পারে—



23 ভর সংখ্যার Na পরমাণু 35 ভর সংখ্যার Cl পরমাণু

[লক্ষণীয় যে এই ইলেকট্রন স্থানান্তরণ কালে (i) পরমাণু কেন্দ্রীন (উভয় পরমাণুরই) অপরিবর্তিত থাকে, (ii) আগে থেকেই পূর্ণ হয়ে থাকা ইলেকট্রনীয় কক্ষগুলিও অপরিবর্তিত থাকে (অন্তত ইলেকট্রন সংখ্যার দিক থেকে)। সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার এটিই বৈশিষ্ট্য।]

এখন একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করার ফলে সোডিয়াম পরমাণু এক একক পরা চার্জবাহী সোডিয়াম আয়নে (Na^+) পরিবর্তিত হয়ে যায় (একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করলে সোডিয়াম পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা হয় 10, কিন্তু কেন্দ্রীনে থেকে যায় 11টি প্রোটন, কাজেই পরমাণুতে এক একক পরা চার্জ প্রকাশ পায়)।

অপরপক্ষে, একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করাতে ক্লোরিন পরমাণু এক একক অপরা চার্জবাহী ক্লোরাইড আয়নে (Cl^-) পরিবর্তিত হয়। (একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করলে ক্লোরিন পরমাণুতে ইলেকট্রন-সংখ্যা দাঁড়ায় 18টি, কিন্তু অপরিবর্তিত পরমাণু কেন্দ্রীনে প্রোটন থাকে 17টি, কাজেই পরমাণুতে এক একক অপরা চার্জ প্রকাশ পায়)।

$$Na - e \rightarrow Na^+, \qquad Cl + e \rightarrow Cl^-$$

বিপরীত চার্জবাহী সোডিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়ন পরস্পরের প্রতি আকৃষ্ট হয় এবং নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বলের (Electrostatic force of attraction) মাধ্যমে একত্রে গ্রথিত থাকে।

এইভাবে একটি পরমাণু থেকে অপর একটি পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরের ফলে উভয় পরমাণুর মধ্যে যে বন্ধনী শক্তির সৃষ্টি হয় তাকে তড়িৎ-যোজী বন্ধনী বা আয়নীয় বন্ধনী বলা হয়।

সাধারণভাবে বলা যায়—

যখন কোন পরা-তাড়িতিক মৌল (বা ধাতব মৌল) কোন তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের (বা অধাতব মৌলের) সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে, তখন পরা-তাড়িতিক মৌলের পরমাণু (বা পরমাণুগুলি) এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের পরমাণু (বা পরমাণুগুলি) এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে। ইলেকট্রন ত্যাগ করার ফলে পরা-তাড়িতিক মৌলের পরমাণু পরা চার্জবাহী আয়নে এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করার ফলে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের পরমাণু অপরা চার্জবাহী আয়নে পরিণত হয়। বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলি

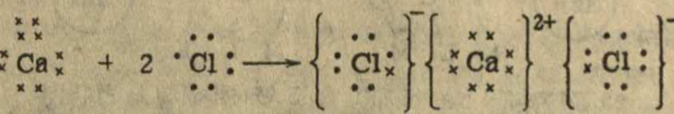
তখন পরস্পরের প্রতি আকৃষ্ট হয় এবং নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে আয়নীয় কেলাসে একত্রে গ্রথিত থাকে।

এইভাবে একটি পরমাণু থেকে অপর একটি পরমাণুতে ইলেকট্রনের পুরোপুরি স্থানান্তরের মাধ্যমে যে যোজ্যতার প্রকাশ ঘটে, তাকে বলে তড়িৎ-যোজ্যতা বা আয়নীয় যোজ্যতা এবং এই যোজ্যতার মাধ্যমে যে বন্ধনীর সৃষ্টি হয় তাকে বলা হয় তড়িৎ-যোজী বন্ধনী বা আয়নীয় বন্ধনী বা অসম-মেরুধর্মী বন্ধনী (heteropolar bond)। সংযোগী মৌলের একটি পরমাণু যতগুলি ইলেকট্রন ত্যাগ করে বা গ্রহণ করে সেই সংখ্যাই ঐ মৌলের তড়িৎ-যোজ্যতা। যেমন উপরের উদাহরণে, সোডিয়ামের তড়িৎ-যোজ্যতা +1, ক্লোরিনের তড়িৎ-যোজ্যতা −1।

তড়িৎ-যোজ্যতার মাধ্যমে উৎপন্ন যৌগকে তড়িৎ-যোজী বা আয়নীয় যৌগ বলা হয়।

আয়নীয় যৌগ গঠনের আরও কয়েকটি উদাহরণ :

(a) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গঠন :



(2,8,8,2) (2,8,7) (2,8,8) (2,8,8) (2,8,8)

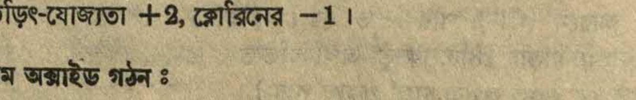
দুটি বিষয় এখানে লক্ষণীয় :

(i) যেহেতু এক জাতীয় পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করবে এবং অপর জাতীয় পরমাণুকে ঐ পরিত্যক্ত ইলেকট্রনই গ্রহণ করতে হবে, আয়নীয় বন্ধনী গঠনের ক্ষেত্রে সর্বদাই **পরিত্যক্ত ইলেকট্রন-সংখ্যা = গৃহীত ইলেকট্রন-সংখ্যা।**

(ii) কেবল বুঝবার সুবিধার জন্যই Ca-এর ইলেকট্রনগুলিকে '×' চিহ্ন এবং Cl-এর ইলেকট্রনগুলিকে '•' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে, আসলে কিন্তু সব ইলেকট্রনই সমান—এদের মধ্যে কোন পার্থক্য নেই।

এখানে, Ca-এর তড়িৎ-যোজ্যতা +2, ক্লোরিনের −1।

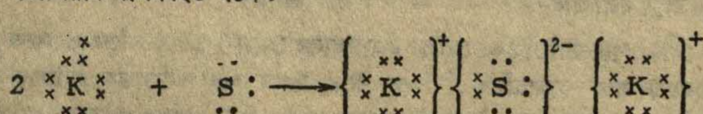
(b) ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠন :



ইলেকট্রন বিন্যাস (2,8,2) (2,6) (2,8) (2,8)

[তড়িৎ-যোজ্যতা : Mg-এর +2, O-এর −2]

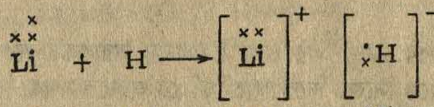
(c) পটাসিয়াম সালফাইড গঠন :



(2,8,8,1) (2,8,6) (2,8,8) (2,8,8) (2,8,8)

[S-এর তড়িৎ-যোজ্যতা এখানে −2, K-এর +1]

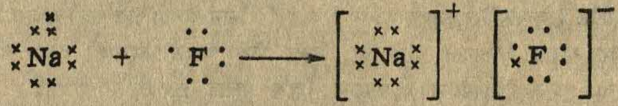
(d) লিথিয়াম হাইড্রাইড গঠন ঃ



(2.1) (1) (2) (2)

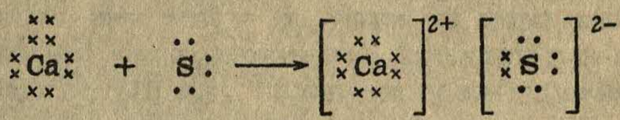
এক্ষেত্রে Li এবং H উভয়েই He-এর ইলেকট্রন-বিন্যাস ($1s^2$) গ্রহণ করে।

(e) সোডিয়াম ফ্লুওরাইড গঠন ঃ



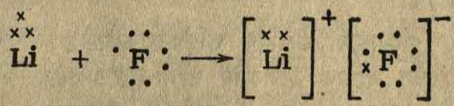
ইলেকট্রন বিন্যাস (2,8,1) (2,7) (2,8) (2,8)

(f) ক্যালসিয়াম সালফাইড গঠন ঃ



(2,8,8,2) (2,8,6) (2,8,8) (2,8,8)

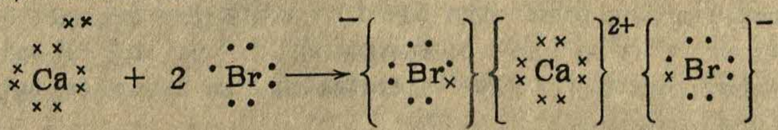
(g) লিথিয়াম ফ্লুওরাইড গঠন ঃ



(2,1) (2,7) (2) (2,8)

[Li^+ এর ইলেকট্রনীয় গঠন He-এর ন্যায়, F^- এর Ne-এর ন্যায়]

(h) ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড গঠন ঃ



(2,8,2) (2,8,18,7) (2,8,18,8) (2,8) (2,8,18,8)

পর্যায়-সারণীর বাঁদিকে অবস্থিত যে সব ধাতব মৌলের পরমাণুতে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে একটি, দুটি বা তিনটি ইলেকট্রন বর্তমান এবং ঠিক তার আগের কক্ষেই 8টি ইলেকট্রন (বা 2টি ইলেকট্রন) বর্তমান তারা সহজেই পরা চার্জবাহী আয়নে পরিবর্তিত হবার প্রবণতা দেখায়। অপরপক্ষে, পর্যায়-সারণীর ডানদিকে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির নিকটবর্তী গ্রুপভুক্ত মৌলগুলি যাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে অষ্টক পূর্ণ করতে মাত্র 1টি, 2টি বা 3টি ইলেকট্রন প্রয়োজন, তারা সহজেই অপরা চার্জবাহী আয়নে পরিণত হবার প্রবণতা দেখায়।

সাধারণভাবে বলা চলে যে, রাসায়নিক ভাবে সংযোগী দুটি মৌলের একটির **আয়নীকরণ বিভবের মান কম হলে** এবং অপরটির **ইলেকট্রন-আসক্তির মান বেশী হলে** মৌল দুটির পরমাণুদের মধ্যে আয়নীয় বন্ধনীর সৃষ্টি হয়। (অবশ্য অন্যান্য কারকও আয়নীয় বন্ধনী গঠনকে প্রভাবিত করতে পারে)।

ফজন্সের সূত্র-অনুযায়ী (Fajans' rules) নীচের শর্তগুলি সাধারণত আয়নীয় বন্ধনী গঠনের পক্ষে অনুকূল :

(i) ক্যাটায়নের উপর নিম্ন পরা চার্জ (সামান্য পরা চার্জ সম্পন্ন হলে ক্যাটায়ন পরমাণু থেকে স্থানান্তরিত ইলেকট্রনকে নিজের দিকে আর ফিরিয়ে আনতে সক্ষম হবে না)।

(ii) ধাতব পরমাণুর বা ক্যাটায়নের বৃহৎ আকার (পরমাণুর আকার বৃহৎ হলে কেন্দ্রীন এবং সর্ববহিস্থ কক্ষীয় ইলেকট্রনের আকর্ষণী বল কম হবে, ইলেকট্রন ত্যাগ সহজতর হবে, ক্যাটায়নের আকার বৃহৎ হলে পরিত্যক্ত ইলেকট্রনকে জোরে আর আকর্ষণ করতে পারবে না)।

(iii) অ্যানায়নের ক্ষুদ্রাকার এবং অ্যানায়নের উপর নিম্ন অপরা চার্জ [অ্যানায়ন ক্ষুদ্রাকার হলে গৃহীত ইলেকট্রনটি দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ থাকবে। নিম্ন অপরা চার্জবাহী হলেও গৃহীত ইলেকট্রনের ক্যাটায়নের দিকে ফিরে যাবার সম্ভাবনা থাকে না, কিন্তু উচ্চ অপরা চার্জবাহী হলে অ্যানায়নের উপর ইলেকট্রন-ঘনত্ব বেশী হবার দরুন ইলেকট্রনের ক্যাটায়নের দিকে যাবার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। অনেকক্ষেত্রে অবশ্য অ্যানায়নের উপর উচ্চ অপরা চার্জ থাকা সত্ত্বেও আয়নীয় বন্ধনী গঠনে অসুবিধার সৃষ্টি হয় না (যেমনটি O^{2-} আয়নের ক্ষেত্রে হয়ে থাকে। এর কারণ অবশ্য অক্সাইড কেলাস গঠনে প্রচুর শক্তি নির্গত হয় (lattice energy), অর্থাৎ অক্সাইড গঠন খুবই অনুকূল বিক্রিয়া]।

আয়নীয় যৌগ সাধারণত উচ্চ গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন কঠিন বা তরল, বিগলিত অবস্থায় বা দ্রবণে এরা তড়িতের পরিবাহী এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, আয়নীয় যৌগ সাধারণত মেরুধর্মী দ্রাবকে (Polar solvent) দ্রবীভূত হয় এবং অমেরুধর্মী দ্রাবকে (Non polar solvent) দ্রবীভূত হয় না (আয়নীয় যৌগের সরল ধর্মাবলী সম্পর্কে পরে বিশদ আলোচনা করা হল)।

একই মৌলের একাধিক তড়িৎ-যোজ্যতা (Different electro-valences of the same element) :

অনেক সময় একই পরমাণুর একাধিক তড়িৎ-যোজ্যতা প্রকাশ পেতে পারে। বিভিন্ন শর্তে একই মৌলের পরমাণু বিভিন্ন সংখ্যক ইলেকট্রন ত্যাগ করতে পারে—এই ঘটনা সাধারণত সন্ধিগত মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রেই ঘটতে দেখা যায়। তাছাড়া, এসব ক্ষেত্রে অষ্টক সূত্রেরও ব্যতিক্রম ঘটে। যেমন, আয়রনের পরমাণুতে ইলেকট্রন-বিন্যাস হল $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$। আয়রনের একটি পরমাণু কোন কোন ক্ষেত্রে দুটি ইলেকট্রন (4s ইলেকট্রন দুটি) ত্যাগ করে ফেরাস আয়নে (Fe^{2+}) পরিবর্তিত হতে পারে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে 3টি ইলেকট্রন (2টি 4s এবং একটি 3d ইলেকট্রন) ত্যাগ করে ফেরিক আয়নে (Fe^{3+}) পরিবর্তিত হতে পারে। এর কোন ক্ষেত্রেই অষ্টক সূত্র অনুসৃত হয় না (Fe^{2+}-এর ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6 \rightarrow$ বহিস্তম কক্ষে ইলেকট্রন-সংখ্যা 14 ; Fe^{3+}-এর ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5 \rightarrow$ বহিস্তম কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা 13)।

এ ধরনের প্রচুর উদাহরণ দেওয়া যায়। আরও দু-একটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল :

Cr ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$)

Cr^{2+} ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s\ \ 3p^6\ 3d^4 \rightarrow$ বহিস্তম কক্ষে 12টি ইলেকট্রন)

Cr^{3+} ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^3 \rightarrow$ বহিস্তম কক্ষে 11টি ইলেকট্রন)

Cu ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^1$)

Cu^{+} ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10} \rightarrow$ বহিস্তম কক্ষে 18টি ইলেকট্রন)

Cu^{2+} ($1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^9 \rightarrow$ বহিস্তম কক্ষে 17টি ইলেকট্রন)

এসব ক্ষেত্রে, ক্যাটায়ন গঠনের বিষয়টির ব্যাখ্যা দিতে গেলে জটিলতর তত্ত্বের অবতারণার প্রয়োজন—অষ্টক সূত্রের সাহায্যে এ ধরনের ঘটনার ব্যাখ্যা দেওয়া যায় না।

সমযোজ্যতা এবং সমযোজী বন্ধনী (Covalency and covalent bond): সমযোজী বন্ধনীর ধারণা দেন লিউইস (G. N. Lewis) এবং পরে ল্যাঙমুইয়ার। দুটি সংযোগী পরমাণুর মধ্যে আয়নীয় বন্ধনীর সৃষ্টি হয় তখনই যখন একটি পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অপর পরমাণুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

কিন্তু দুটি উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন পরমাণুর (পরমাণু দুটি একই মৌলের হতে পারে। আবার ভিন্ন মৌলেরও হতে পারে) মধ্যে রাসায়নিক সংযোগকালে কোন পরমাণুই ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা দেখায় না। এক্ষেত্রে, সংযোগী পরমাণুদ্বয় এক বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহারের মাধ্যমে নিজেদের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে আটটি বা দু-একটি ক্ষেত্রে দুটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ করে এবং এইভাবে সমভাবে ব্যবহৃত ইলেকট্রন জোড়গুলিই উভয় পরমাণুর মধ্যে বন্ধনীরূপে কাজ করে। **এইভাবে দুটি পরমাণুর এক বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহারের মাধ্যমে প্রতি পরমাণুর যে যোজ্যতার প্রকাশ ঘটে তাকে সমযোজ্যতা বলে এবং সমযোজ্যতার মাধ্যমে উৎপন্ন বন্ধনীকে সমযোজী বন্ধনী বলে।** সংযোগী পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে একটি ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহৃত হলে এক-বন্ধনী বা এক-বন্ধ (Single bond), দুটি ইলেকট্রন-জোড় এভাবে ব্যবহৃত হলে দ্বি-বন্ধনী বা দ্বি-বন্ধ এবং তিনটি ইলেকট্রন-জোড় (কিন্তু, কোন ক্ষেত্রেই তিনটির বেশী ইলেকট্রন-জোড় দুটি পরমাণুর মধ্যে সমভাবে ব্যবহৃত হওয়া সম্ভব নয়) ব্যবহৃত হলে ত্রি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধ (triple bond)-এর সৃষ্টি হয়। সমভাবে ব্যবহৃত ইলেকট্রন-জোড়ের ইলেকট্রনগুলি সমসংখ্যায় উভয় পরমাণু থেকে আসে। কোন পরমাণুর সমযোজ্যতা নির্ণীত হয় পরমাণুটি যে কয়টি (এক বা একাধিক) সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে অন্যান্য পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে সেই সংখ্যাটি দ্বারা।

যে কোন সমযোজী বন্ধনী গঠিত হয় দুটি বিপরীত ঘূর্ণন (spin) সম্পন্ন ইলেকট্রন দ্বারা। সমযোজী বন্ধীয় ইলেকট্রনদ্বয় একই অরবাইটালে বর্তমান থাকে, কাজেই এদের ঘূর্ণন বিপরীতমুখী হতেই হবে, অন্যথায় অর্থাৎ ইলেকট্রন দুটির ঘূর্ণন একমুখী বা সমান্তরাল (Parallel spins) হলে এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করবে এবং সেক্ষেত্রে কোন বন্ধনী গঠন সম্ভব হবে না।

সমযোজী বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে সৃষ্ট যৌগকে সমযোজী যৌগ (Covalent compounds) বলা হয়। রাসায়নিক যৌগিক পদার্থগুলির অধিকাংশই সমযোজী যৌগ।

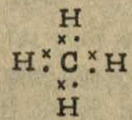
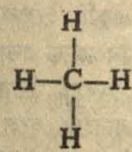
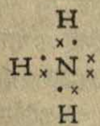
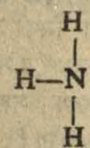
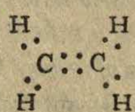
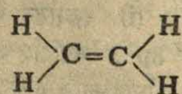
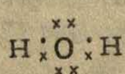
সমযোজী অণু গঠনের কয়েকটি উদাহরণ ঃ

(i) **ক্লোরিন অণু গঠন ঃ** ক্লোরিন পরমাণুর (ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ঃ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$) সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে 7টি ইলেকট্রন বর্তমান। দুটি ক্লোরিন পরমাণু রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হবার কালে প্রতিটি ক্লোরিন পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন দান করে একটি ইলেকট্রন-জোড় গঠন করে এবং ঐ ইলেকট্রন-জোড় উভয় ক্লোরিন পরমাণু সমভাবে ব্যবহার করে এক-বন্ধনী গঠন করে। এর ফলে উভয় Cl পরমাণুই সর্ববহিস্থ কক্ষে ইলেকট্রন-অষ্টক পূর্ণ করতে সমর্থ হয়।

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}{}^{\times} + {}_{\times}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}\,{}^{\times}_{\times}\,\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \text{ বা } :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \text{ (বা } Cl_2)$$

সরলীকরণের স্বার্থে অনেকক্ষেত্রেই যে সব ইলেকট্রন বন্ধনী গঠনে অংশ নেয় না (Non-bonding electrons) তাদের দেখানো হয় না—যেমন, ক্লোরিন অণুকে সহজভাবে লেখা হয় এইরূপে ঃ Cl—Cl (এখানে প্রতি ক্লোরিন পরমাণুর সমযোজ্যতা 1)। এই ধরনের সংকেত যাতে দুটি পরমাণুর মধ্যেকার বন্ধনীকে এক বা একাধিক (সরল) রেখা দ্বারা চিহ্নিত করা হয় তাকে বলা হয় গঠনমূলক সংকেত বা গঠন-সংকেত (structural formula) বা রৈখিক সংকেত (Graphic formula)। দ্বি-বন্ধনীকে সমান্তরাল দুটি রেখা দ্বারা (=) এবং ত্রি-বন্ধনীকে এইরূপ তিনটি রেখা দ্বারা (≡) বোঝানো হয়ে থাকে।

সমযোজী বন্ধনীর আরও কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল ঃ

মৌলিক বা যৌগিক সমযোজী পদার্থ	আণবিক সংকেত	ইলেকট্রনীয় সংকেত	গঠন-সংকেত
হাইড্রোজেন	H_2	H : H	H—H
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড	HCl	H : C̈l : (দুই পাশে বিন্দু)	H—Cl
অক্সিজেন	O_2	: Ö : : Ö :	O=O
নাইট্রোজেন	N_2	:N ⋮⋮ N:	N≡N
মিথেন	CH_4		
অ্যামোনিয়া	NH_3		
কার্বন ডাই-অক্সাইড	CO_2	: Ö : ×× C ×× : Ö :	O=C=O
অ্যাসেটিলিন	C_2H_2	H × C ××× ××× C × H	H—C≡C—H
ইথিলীন	C_2H_4		
জল	H_2O		H—O—H

উপরের উদাহরণগুলিতে হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং কার্বনের সমযোজ্যতা যথাক্রমে 1, 1, 2, 3 এবং 4 (কারণ, হাইড্রোজেন একটি এক-বন্ধনীর মাধ্যমে অপর পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত, অক্সিজেন হয় একটি দ্বি-বন্ধনীর মাধ্যমে নতুবা দুটি এক বন্ধনীর মাধ্যমে অপর কোন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়, নাইট্রোজেন তিনটি এক-বন্ধনীর মাধ্যমে বা একটি ত্রি-বন্ধনীর মাধ্যমে অপর কোন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত আছে, কার্বন চারটি এক-বন্ধনী বা দুটি দ্বি-বন্ধনী, একটি দ্বি-বন্ধনী এবং দুটি এক-বন্ধনী বা একটি ত্রি-বন্ধনী এবং একটি এক-বন্ধনীর মাধ্যমে অপর পরমাণুগুলির সঙ্গে যুক্ত আছে)। সমযোজ্যতা আয়নীয় যোজ্যতার ন্যায় + বা − চিহ্ন দ্বারা প্রকাশিত হয় না।

সমযোজী বন্ধনী বিশুদ্ধ সমযোজী হতে পারে কেবল তখনই যখন এই বন্ধনী গঠিত হয় দুটি একই মৌলের পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে (অর্থাৎ, পরমাণুদ্বয়ের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যদি একই হয়), কিন্তু বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর মধ্যে গঠিত সমযোজী বন্ধনীতে কম-বেশী পরিমাণে আয়নীয় প্রকৃতি (Ionic character) থাকবেই।

সমযোজী পদার্থসমূহ সাধারণত নিম্ন স্ফুটনাংক সম্পন্ন তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ হয় বা কঠিন পদার্থ হলেও সাধারণত নিম্ন গলনাংক সম্পন্ন হয়ে থাকে। সমযোজী পদার্থ সাধারণত তড়িতের অপরিবাহী এবং মেরুধর্মী দ্রাবকে সাধারণত অদ্রাব্য, কিন্তু অ-মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়।

সমযোজী পদার্থ কেলাসে নির্দিষ্ট অণু রূপে বর্তমান থাকে। (এসব সম্পর্কেই পরে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে)।

সমযোজী পদার্থ গঠনের ক্ষেত্রেও যদি প্রাথমিকভাবে দুটি কাল্পনিক ক্যাটায়ন এবং অ্যানয়ন থেকে শুরু করে অন্তিমে সমযোজী বন্ধনী গঠনের বিষয় চিন্তা করা যায়, তবে ফজন্সের (K. Fajans) মতে নীচের শর্তগুলি সমযোজী বন্ধনী গঠনের অনুকূল ঃ

(i) ক্যাটায়নের ক্ষুদ্রাকার (Small size of the cation)।

(ii) ক্যাটায়নের উপর উচ্চ পরা চার্জ (High positive charge on the cation)।

(iii) অ্যানায়নের বৃহদাকার (Large size of the anion)।

(iv) অ্যানায়নের উপর উচ্চ অপরা চার্জ (High negative charge on the anion)।

[ক্যাটায়নের আকার ক্ষুদ্র হলে পরমাণু কর্তৃক প্রাথমিক ভাবে পরিত্যক্ত ইলেকট্রন পুনরায় ক্যাটায়নের কেন্দ্রীন দ্বারা প্রবলভাবে আকৃষ্ট হবার সম্ভাবনা থাকে, কাজেই অ্যানায়ন থেকে ইলেকট্রন ক্যাটায়নের দিকে বেশ কিছুটা সরে আসার সম্ভাবনা, ফলে সমযোজী বন্ধনী গঠনই অনুকূল হয়।

ক্যাটায়নের উপর উচ্চ পরা চার্জ বর্তমান থাকলেও একই ঘটনা ঘটবার সম্ভাবনা। এক্ষেত্রে ইলেকট্রন ঘনত্ব ক্যাটায়নের উপর খুব কমে যাবার ফলে অ্যানায়ন থেকে প্রবলভাবে ইলেকট্রন আকর্ষণ করবে, ফলে ইলেকট্রন সম্পূর্ণভাবে অ্যানায়নে থাকতে পারবে না, ইলেকট্রন প্রায় সমভাবেই ব্যবহৃত হবার সম্ভাবনা দেখা দেয়, অর্থাৎ সমযোজী বন্ধনী গঠনের অনুকূল অবস্থার সৃষ্টি হয়।

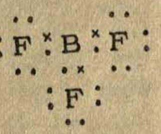
অপরপক্ষে, অ্যানায়নের আকার বৃহৎ হলে বা অ্যানায়নের উপর অপরা চার্জের পরিমাণ বেশী হলে প্রাথমিকভাবে গৃহীত ইলেকট্রনকে দৃঢ়ভাবে ধরে রাখা কঠিন হবে—ফলে আয়নীয় বন্ধনী গঠন থেকে সমযোজী বন্ধনী গঠনই অনুকূল হবে।]

সমযোজী বন্ধনী গঠনের কয়েকটি ক্ষেত্রে অষ্টক সূত্রের ব্যতিক্রম (Exception to the rule of octet in some cases of formation of covalent bonds) ঃ

আয়নীয় বন্ধনী গঠনের ক্ষেত্রে আমরা আগেই দেখেছি যে অষ্টক সূত্রের বহু ব্যতিক্রম লক্ষিত হয়। সমযোজী বন্ধনী গঠনের অনেক ক্ষেত্রেও অষ্টক সূত্রের ব্যতিক্রম লক্ষিত হয়ে থাকে।

অষ্টক সূত্রের বিভিন্ন ধরনের ব্যতিক্রম সমযোজী বন্ধনী গঠনের ক্ষেত্রে লক্ষিত হতে পারে, যথা—

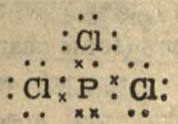
(i) মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষের অষ্টক আদৌ পূর্ণ হয় না, যেমন বোরন ট্রাইফ্লুওরাইডের (BF_3) কথাই ধরা যাক। বোরন ট্রাইফ্লুওরাইডের ইলেকট্রনীয় সংকেত হল ঃ



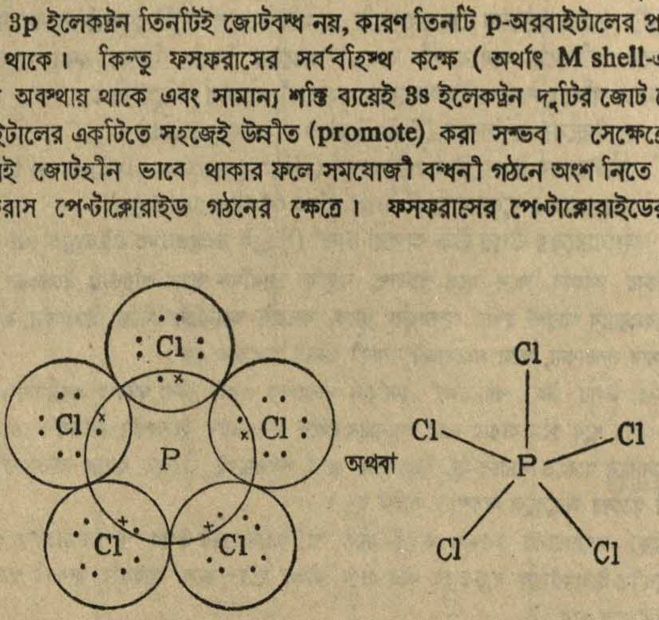
লক্ষ্য করলেই বোঝা যাবে BF_3-তে ফ্লুওরিনের অষ্টকপূর্তি হলেও বোরনের সর্ববহিস্থ কক্ষে মাত্র 6টি ইলেকট্রন (Electron sextet) থাকে। এই ধরনের আরও কয়েকটি উদাহরণ হল ঃ বোরন ট্রাইক্লোরাইড BCl_3, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড $AlCl_3$ ইত্যাদি।

(ii) মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে আটটির বেশী ইলেকট্রন হয়ে যেতে পারে, অর্থাৎ অষ্টক পরিবর্ধিত বা প্রসারিত হয়ে যেতে পারে (Octet may be expanded)। ফসফরাস পরমাণুর

সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $3s^2 3p^3$। একটি ফসফরাস পরমাণু তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত হলে ফসফরাস পরমাণু এবং তিনটি ক্লোরিন পরমাণু প্রতিটিরই অষ্টক পূর্ণ হয়।

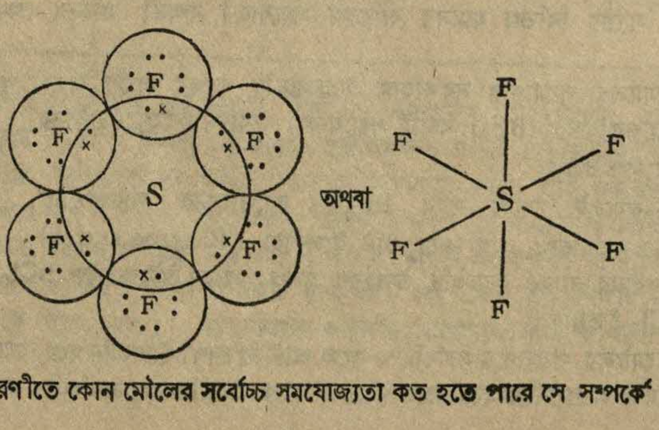


আমরা আগেই দেখেছি যে, একটি সমযোজী বন্ধনীর সৃষ্টি হয় দুটি বিপরীত ঘূর্ণনযুক্ত ইলেকট্রন দ্বারা যার একটি আসে সংযোগী পরমাণুদ্বয়ের একটি থেকে, অপরটি দ্বিতীয় পরমাণুটি থেকে। কাজেই সমযোজী বন্ধনী গঠন করতে গেলে সংযোগী পরমাণুগুলিতে আগে থেকে জোটবন্ধ নয় (unpaired) এমন এক বা একাধিক ইলেকট্রন থাকা প্রয়োজন—এই ধরনের ইলেকট্রন সংখ্যাই আলোচ্য পরমাণুর সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা হওয়ার কথা। সে হিসাবে ফসফরাসের সমযোজ্যতা 3-এর বেশী হওয়ার কথা নয়, কারণ ফসফরাসের সর্ববহিস্থ কক্ষের 3s ইলেকট্রন দুটি আগে থেকেই জোটবন্ধ, কেবল 3p ইলেকট্রন তিনটিই জোটবন্ধ নয়, কারণ তিনটি p-অরবাইটালের প্রতিটিতে একটি করে ইলেকট্রন থাকে। কিন্তু ফসফরাসের সর্ববহিস্থ কক্ষে (অর্থাৎ M shell-এ) পাঁচটি 3d অরবাইটাল শূন্য অবস্থায় থাকে এবং সামান্য শক্তি ব্যয়েই 3s ইলেকট্রন দুটির জোট ভেঙ্গে একটিকে ফাঁকা 3d অরবাইটালের একটিতে সহজেই উন্নীত (promote) করা সম্ভব। সেক্ষেত্রে, ফসফরাসের পাঁচটি ইলেকট্রনই জোটহীন ভাবে থাকার ফলে সমযোজী বন্ধনী গঠনে অংশ নিতে পারে, যেমনটি ঘটে থাকে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড গঠনের ক্ষেত্রে। ফসফরাসের পেন্টাক্লোরাইডের ইলেকট্রনীয় গঠন হল ঃ



এখানে লক্ষণীয় যে, ক্লোরিনের ইলেকট্রন অষ্টকপূর্তি হয়েছে বটে, কিন্তু ফসফরাসের বহিস্তম কক্ষে 10টি ইলেকট্রন হয়ে গেছে।

একইভাবে সালফার হেক্সাফ্লুওরাইডের ক্ষেত্রেও s-পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে 12টি ইলেকট্রন হয়ে যায় ঃ



পর্যায়-সারণীতে কোন মৌলের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা কত হতে পারে সে সম্পর্কে সিজউইকের

(Sidgwick)-এর একটি অভিজ্ঞতালব্ধ সূত্র আছে যেটি সিজউইকের সর্বোচ্চ সমযোজ্যাতা সূত্র (Sidgwick's maximum co-valency rule) রূপে পরিচিত। সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ

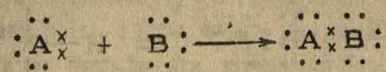
বিভিন্ন মৌলের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা কত হবে সে বিষয়টি নির্ভর করে মৌলের পর্যায়-সারণীতে অবস্থানের উপর।

পর্যায় সারণীর প্রথম পর্যায়ের মৌলগুলির সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা হতে পারে 2, দ্বিতীয় পর্যায়ের মৌলগুলির সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা হতে পারে 4, তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলির সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা হতে পারে 6 এবং বাকী মৌলগুলির ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা হতে পারে 8।

কো-অর্ডিনেট সমযোজ্যতা এবং কো অর্ডিনেট বন্ধনী (Co-ordinate covalency and Co-ordinate bond) ঃ

সমযোজী বন্ধনী গঠনকালে যদি কখনও এরূপ হয় যে বন্ধীয় ইলেকট্রন যুগলের দুটিই একটিমাত্র সভ্য থেকেই আসে, তবে সেক্ষেত্রেও বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় দুটি সভ্যই সমভাবেই ব্যবহার করতে পারে তা সে যে সভ্যই ইলেকট্রন দুটি দান করুক না কেন। তখন ঐ ধরনের বন্ধনীকে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী বলা হয়। এই বন্ধনী গঠনে যে ধরনের যোজ্যতার প্রকাশ ঘটে তাকে কো-অর্ডিনেট সমযোজ্যতা এবং এভাবে উৎপন্ন যৌগকে কো-অর্ডিনেশন যৌগ বলে।

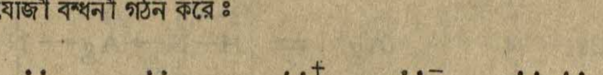
এই ধরনের বন্ধনী গঠনের সরল চিত্র এইভাবে দেওয়া যায় ঃ



এই ধরনের যোজ্যতাকে সমযোজ্যতা রূপেই গণ্য করা চলে যেহেতু বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় দুটি পরমাণুই সমভাবে ব্যবহার করে, কিন্তু উৎপন্ন অণু খানিকটা মেরুধর্মী হয়ে পড়ে, কারণ যে পরমাণুটি ইলেকট্রন দান করে সেটি খানিকটা পরা চার্জগ্রস্ত হয় এবং যে পরমাণুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেটি খানিকটা অপরা চার্জগ্রস্ত হয়ে পড়ে। কাজেই এই ধরনের বন্ধনীকে আয়নীয় বন্ধনী এবং সমযোজী বন্ধনীর মিলিত রূপ হিসাবেও গণ্য করা চলে। এইভাবে দুটি কাল্পনিক ধাপে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠিত হয় বলে মনে করা যেতে পারে—

(i) A প্রথমে B-কে একটি ইলেকট্রন দান করে ঠিক আয়নীয় যোজ্যতার ক্ষেত্রে যেমনটি হয়।

(ii) চার্জবাহী A^+ এবং B^- এবারে প্রত্যেকেই ইলেকট্রন অষ্টক লাভ করার জন্য একটি করে ইলেকট্রন দান করে একটি ইলেকট্রন-যুগল গঠন করে এবং উভয়েই সমভাবে এই ইলেকট্রন-যুগল ব্যবহার করে সমযোজী বন্ধনী গঠন করে ঃ



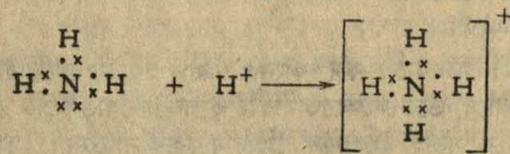
এই ধরনের বন্ধনীকে সাধারণত একটি তীরচিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করা হয় এইভাবে ঃ $A \rightarrow B$ বা $\overset{+}{A} \rightarrow \overset{-}{B}$, যে পরমাণুটি ইলেকট্রন-জোড় দান করে তাকে 'দাতা' (Donor), যেটি ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে তাকে 'গ্রহীতা' (Acceptor) বলা হয়, তীরচিহ্নের অগ্রভাগ ইলেকট্রন স্থানান্তরের দিকটি নির্দেশ করে। এই ধরনের বন্ধনীর লাউরি (Lowry) প্রদত্ত নাম হল অর্ধ-মেরুধর্মী বন্ধনী Semi polar bond) এবং সিজউইক প্রদত্ত নাম হল কো-অর্ডিনেট সমযোজী বন্ধনী। **একটি কো-অর্ডিনেট বন্ধনী চার্জযুক্ত দ্বি-বন্ধনীর অনুরূপ** বলা যেতে পারে।

তড়িৎ-যোজী যৌগে সংযোগী পরমাণগুলির মধ্যে সত্যিকারের বন্ধনীর অস্তিত্ব নেই এই অর্থে যে আয়নীয় বন্ধনী কোন নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত নয়। বন্ধনীয় শক্তি বিভিন্ন দিকেই ক্রিয়াশীল

এবং কিছু বিপরীত চার্জবাহী আয়নীয় সম্মিলনীকে একত্রে ধরে রাখে। কিন্তু সমযোজী বন্ধনী এবং কো-অর্ডিনেট বন্ধনী শূন্যে নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত থাকে (Directed towards definite directions in space)। সে হিসাবে কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনীর মিল রয়েছে, কিন্তু আয়নীয় বন্ধনীর সঙ্গে মিল নেই।

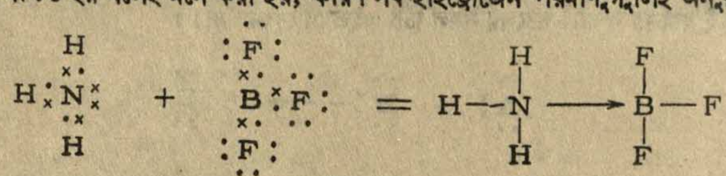
কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর উদাহরণ :

(a) অ্যামোনিয়ার গঠন সংকেত থেকে দেখা যায় যে নাইট্রোজেন পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় (lone pair) বর্তমান যেটি অন্য কোন পরমাণু, আয়ন বা অণু, যার দুটি ইলেকট্রন প্রয়োজন, গ্রহণ করতে পারে। হাইড্রোজেন আয়ন H^+ এইভাবে NH_3-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে



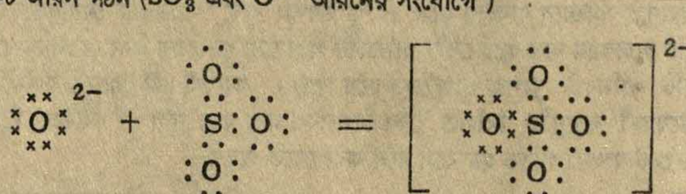
অ্যামোনিয়াম আয়ন, NH_4^+ গঠন করে। H^+-এর উপর পরা চার্জ তখন সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়াম আয়নে সমভাবে বণ্টিত হয় বলেই মনে করা হয়, কারণ সব হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিই অনুরূপ—

(b)



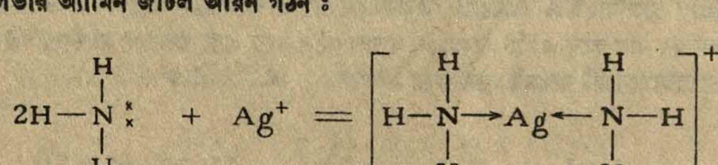
(c) সালফেট আয়ন গঠন (SO_3 এবং O^{2-} আয়নের সংযোগে)

(c)



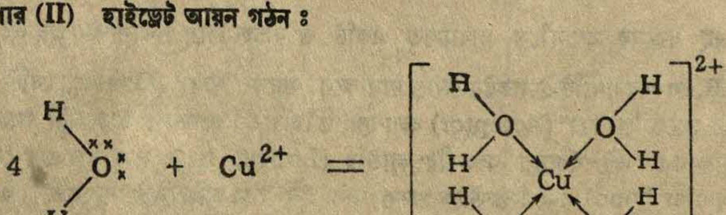
(d) **সিলভার অ্যামিন জটিল আয়ন গঠন :**

(d)



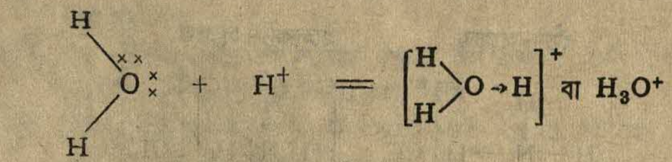
(e) **কপার (II) হাইড্রেট আয়ন গঠন :**

(e)

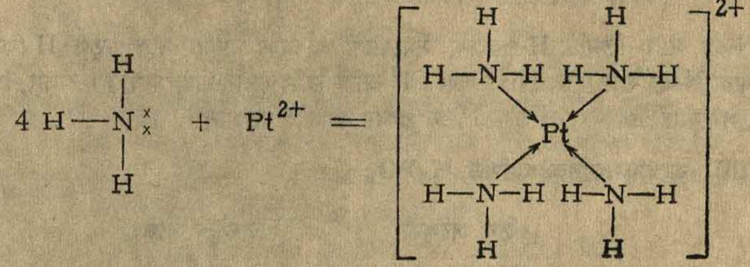


হাইড্রোনিয়াম আয়ন H_3O^+ গঠন ঃ

(f)



(g)

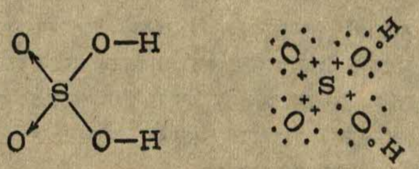


NH_3-এর ক্ষেত্রে N-এর উপরে এবং H_2O-এর ক্ষেত্রে O-এর উপরে যথাক্রমে একটি এবং দুটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় (long pair) বর্তমান থাকে। নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় বর্তমান থাকতে NH_3 বা H_2O দাতা রূপে ক্রিয়াশীল হয়ে ইলেকট্রন ঘাটতি সম্পন্ন ক্যাটায়ন বা যৌগের সঙ্গে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠন করতে পারে (ধাতব আয়নগুলির উপর ইলেকট্রন ঘনত্ব কম থাকায় ঐ আয়নগুলি কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে গ্রহীতারূপে ইলেকট্রন আকর্ষণের প্রবণতা দেখায়। বিশেষ করে সন্ধিগত মৌলের ক্যাটায়ন, যাদের চার্জ/ব্যাসার্ধ এই অনুপাতটি বেশী তারা গ্রহীতারূপে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠনের বিশেষ প্রবণতা দেখায়।

কয়েকটি যৌগের ইলেকট্রনীয় গঠন ঃ

(i) সালফিউরিক অ্যাসিড,, H_2SO_4 ঃ

গঠন-সঙ্কেত ইলেক্ট্রনীয় সঙ্কেত

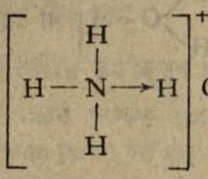


[S-পরমাণুর ইলেকট্রন × চিহ্ন দ্বারা, O-এর ইলেকট্রন · দ্বারা এবং H-এর ইলেকট্রন • দ্বারা বোঝানো হয়েছে।]

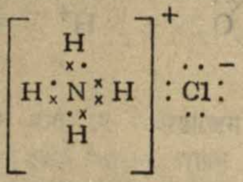
S-এর সর্ববহিস্থ কক্ষে 6টি ইলেকট্রন বর্তমান। দুটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রতিটির সঙ্গে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠনে 2টি করে মোট 4টি ইলেকট্রন ব্যয়িত হয়েছে। অপর দুটি ইলেকট্রন দুটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনী গঠন করেছে, কাজেই S-এর সর্ববহিস্থ কক্ষীয় সব ইলেকট্রনগুলিই বন্ধনী গঠনে অংশ নিয়েছে।

(ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl

গঠন-সঙ্কেত



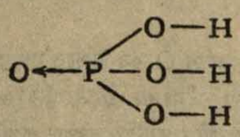
ইলেকট্রন সঙ্কেত



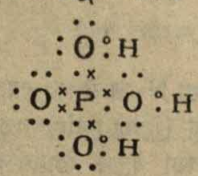
N-এর সঙ্গে তিনটি H-পরমাণু সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত, চতুর্থ H কো-অর্ডিনেট বন্ধনী দ্বারা N-এর সঙ্গে যুক্ত, NH_4^+ এবং Cl^- আয়নীয় বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত। অর্থাৎ, NH_4Cl-এ আয়নীয়, সমযোজী এবং কো-অর্ডিনেট তিন প্রকার বন্ধনীই বর্তমান।

(iii) অর্থোফসফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4

গঠন-সঙ্কেত



ইলেকট্রন সঙ্কেত



(P-এর বহিস্তম কক্ষে 5টি ইলেকট্রন বর্তমান, তিনটি সমযোজী বন্ধনী গঠনে অংশ নেয়, দুটি কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠনে প্রদত্ত হয়)।

প্রশ্ন : 3.12 যে বিবৃতিটি সঠিক তার পাশে টিক চিহ্ন (√) দাও :

(a) একটি পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে ইলেকট্রনের সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরের ফলে যে বন্ধনীর সৃষ্টি হয় সেটি হল : (i) সমযোজী বন্ধনী, (ii) আয়নীয় বন্ধনী, (iii) কো-অর্ডিনেট বন্ধনী।

(b) দুটি পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহারের মাধ্যমে এবং বন্ধীয় ইলেকট্রন সমূহ উভয় পরমাণু থেকেই সমসংখ্যায় প্রদত্ত হয়ে যে রাসায়নিক বন্ধনীর সৃষ্টি হয় তা হল : (i) কো-অর্ডিনেট বন্ধনী (ii) আয়নীয় বন্ধনী (iii) সমযোজী বন্ধনী।

(c) দুটি সংযোগী পরমাণুর একটি থেকেই ইলেকট্রন-জোড় প্রদত্ত হয়ে এবং তারপরও ইলেকট্রন-জোড় উভয় পরমাণু কর্তৃক সমভাবে ব্যবহৃত হয়ে যে বন্ধনীর সৃষ্টি হতে পারে সেটি হল : (i) কো-অর্ডিনেট বন্ধনী (ii) সমযোজী বন্ধনী (iii) আয়নীয় বন্ধনী।

3.13 নিচের মৌল-জোড়গুলি পারস্পরিক সংযোগে আয়নীয় যৌগ গঠন করে। এই মৌলগুলির প্রতিটির আয়নীয় যোজ্যতা কত হবে ?

(a) Na এবং S ; (b) Ca এবং Br ; (c) Mg এবং Cl ; (d) Al এবং O

(.) চিহ্ন বা (×) চিহ্ন দ্বারা প্রতি পরমাণুর সর্ববহিস্থ একটি বা দুটি কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস লিখে এদের একটি পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিতকরণের বিষয়টি দেখিয়ে দাও।

3.14 নিচের পদার্থগুলির কোন্‌টি সমযোজী এবং কোন্‌টি তড়িৎ-যোজী ?

(a) KBr, (b) CCl_4, (c) MgO, (d) SO_2, (e) H_2S, (f) Na_2S, (g) $CaBr_2$, (h) $SiBr_4$, (i) CaC_2, (j) SiC

এদের প্রতিটির ইলেকট্রনীয় গঠন এঁকে দেখাও।

3.15 বন্ধনী গঠিত হয়ে যাবার পর কো-অর্ডিনেট বন্ধনী এবং সমযোজী বন্ধনীর মধ্যে কোন পার্থক্য করা যায় কি ?

3.16 কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনীর মিল কোথায় ? অমিলই বা কোথায় ? আয়নীয় বন্ধনীর সঙ্গে কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর অমিল কিসে ?

3.17 দুটি মৌলের পরমাণু A এবং B রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে AB যৌগ গঠন করে। A এবং B-এর বন্ধনীর সম্ভাব্য প্রকৃতি কিরূপ হবে, যদি

(a) A এবং B উভয়েই উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন হয় ?

(b) A নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন কিন্তু B উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন হয় ?

(c) A এবং B উভয়েই নিম্ন তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন হয় ?

(d) A-এর আয়নীকরণ বিভবের মান নিম্ন হয় এবং B-এর ইলেকট্রন-আসক্তি তীব্র হয় ?

3.18 অষ্টক সূত্রের ব্যতিক্রম আছে কি নেই ? উত্তরের সপক্ষে দু-একটি উদাহরণ দাও।

3.19 ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড গঠন করে, কিন্তু নাইট্রোজেন পেন্টাক্লোরাইড হয় না কেন ?

3.20 একই মৌলের একাধিক তড়িৎ-যোজ্যতা থাকতে পারে কি ? দু-একটি উদাহরণ দাও।

3.21 একই মৌলের একাধিক সমযোজ্যতা থাকতে পারে কি ?

3.22 নীচের যৌগগুলির গঠন-সংকেত এবং ইলেকট্রনীয় সংকেত এঁকে দেখাও :

$CHCl_3$, NH_3, SO_2, PBr_3, BCl_3, H_2SO_4

3.23 সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পরমাণুগুলির কেন্দ্রীন কি পরিবর্তিত হয় ?

3.24 একটি যৌগ ABC-এর সরল গঠন সংকেত হল :

A=B=C, A, B এবং C-এর সমযোজ্যতা কত ?

3.25 (i) অ্যামোনিয়া (NH_3) এবং অক্সিজেনের মধ্যে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী রচিত হতে পারে কি ? বুঝিয়ে দাও।

(ii) আয়নীয়, সম এবং কো-অর্ডিনেট তিনটি যোজ্যতাই উপস্থিত এমন একটি যৌগের উদাহরণ দাও এবং যৌগটিতে যোজ্যতাগুলি দেখাও।

3.3 তড়িৎ-যোজী এবং সমযোজী পদার্থসমূহের সরল ধর্মাবলী

(Simple properties of electrovalent and covalent compounds)

আয়নীয় বন্ধনী গঠিত হয় একটি পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে এক বা একাধিক ইলেকট্রনের সম্পূর্ণ স্থানান্তরের ফলে, অপরপক্ষে সমযোজী বন্ধনী গঠিত হয় দুটি পরমাণু থেকে প্রদত্ত সমসংখ্যক ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড়কে উভয় পরমাণুর সমভাবে ব্যবহারের মাধ্যমে। এই দুই ধরনের বন্ধনী গঠনের পন্থা পৃথক ধরনের হওয়ার ফলে তড়িৎ-যোজী পদার্থ এবং সমযোজী পদার্থসমূহের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য লক্ষিত হয়। তবে, এ প্রসঙ্গে একটি বিষয় বিশেষভাবে মনে রাখা প্রয়োজন—অনেক তড়িৎ-যোজী পদার্থেই কিছুটা সমযোজী পদার্থের প্রকৃতি যেমন লক্ষিত হতে পারে, তেমনিই অনেক সমযোজী পদার্থেও খানিকটা তড়িৎ-যোজী পদার্থের ধর্ম দৃষ্ট হতে পারে। আয়নীয় বন্ধনীর সমযোজী প্রকৃতি এবং সমযোজী বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির মাত্রার উপর আয়নীয় বা সমযোজী পদার্থের ধর্ম বেশ খানিকটা নির্ভরশীল।

আয়নীয় পদার্থ এবং সমযোজী পদার্থের কয়েকটি সরল ধর্ম সম্পর্কে এখানে আলোচনা করা হল :

(i) **বন্ধনীর প্রকৃতি** (Nature of the bond) : তড়িৎ-যোজী যৌগে পরা এবং অপরা চার্জবাহী আয়নগুলিকে একত্রে ধরে রাখে **স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বল** (Electrostatic force of attraction), তড়িৎ-যোজী যৌগের কেলাসে আয়নগুলি নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারে নিজেদের

বিন্যস্ত করে নেয়। যেমন, তড়িৎযোজী যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসের আকৃতি ঘনকাকার, কেলাসে প্রতিটি Na^+ আয়ন 6টি সমদূরত্বে বিরাজমান (Na^+ থেকে) Cl^- আয়ন দ্বারা অষ্টতলকাকারে (Octahedrally) পরিবৃত, আবার প্রতিটি Cl^- আয়ন 6টি Na^+ আয়ন দ্বারা একইরূপে পরিবৃত। প্রতিবেশী Na^+ আয়ন এবং Cl^- আয়নগুলির মধ্যেকার স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বল সমগ্র কেলাসের আয়নসমূহকে একত্রে গ্রথিত রাখে। কেলাসে, কোন বিশেষ Na^+ কোন বিশেষ Cl^--এর সঙ্গে যুক্ত নয়—সেই অর্থে স্বতন্ত্র কোন NaCl অণুর অস্তিত্ব নেই—যদিও কেলাসে Na^+ এবং Cl^- আয়ন সমসংখ্যায় বর্তমান থাকে। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সমগ্র কেলাসটিকে একটি অতিকায় অণু রূপে (Giant molecule) ভাবা যেতে পারে। (বাষ্পীয় অবস্থায় অবশ্য NaCl স্বতন্ত্র অণু বর্তমান থাকতে পারে)। সোডিয়াম ক্লোরাইডের ন্যায় **যে কোন প্রকৃত তড়িৎ-যোজী যৌগই সাধারণ অবস্থায় স্বতন্ত্র, বিচ্ছিন্ন (Discrete) অণু রূপে বর্তমান থাকে না।**

কাজেই, "সোডিয়াম ক্লোরাইডের **আণবিক ওজন** 58·5"—এই ধরনের বিবৃতি সঠিক নয়। (সঠিক বিবৃতি হওয়া উচিত "সোডিয়াম ক্লোরাইডের **সাঙ্কেতিক ওজন** বা Formula weight, 58·5")।

আয়নীয় বন্ধনীর কোন বিশেষ দিক নেই এবং এই বন্ধনী কোন বিশেষ দুটি আয়নের মধ্যে সীমাবদ্ধ নয়—বন্ধনী বল সর্বদিকেই ক্রিয়াশীল।

সমযোজী পদার্থে **বিচ্ছিন্ন বা স্বতন্ত্র অণু বর্তমান থাকে।** প্রতি অণুতে পরমাণুগুলি সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পরের সঙ্গে একত্রে আবদ্ধ থাকে। এক্ষেত্রে, বন্ধনী-শক্তির উৎস হল বিপরীত ঘূর্ণন যুক্ত দুটি ইলেকট্রনের জোট-বাঁধা জনিত সৃষ্ট একটি তড়িৎ-চুম্বকীয় বল (Electro-magnetic force)। এই বল যথেষ্ট প্রবল হওয়ার দরুন সমযোজী বন্ধনী ভেঙ্গে পরমাণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করা একেবারে সহজসাধ্য নয়।

তবে, সমযোজী পদার্থে বিভিন্ন **অণুগুলি** দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বলসমূহ* vander waals's forces), দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে। সেইসব কেলাস, যেগুলিতে বিভিন্ন অণুগুলিকে একত্রে গ্রথিত রাখে ভ্যানডার ওয়ালস বলসমূহ, তাদের অনেক সময় আণবিক কেলাস (Molecular crystals) বলা হয়।

* ভ্যানডারওয়াল্‌স বল সমূহও তাড়িতিক প্রকৃতির। বিভিন্ন ধরনের ভ্যানডার ওয়াল্‌স বল কার্যকরী হতে পারে ঃ (a) দ্বিমেরু-দ্বিমেরু আকর্ষণী বলের দরুন (Dipole dipole attraction), (b) দ্বিমেরু সঞ্চারিত দ্বি-মেরু আকর্ষণী বলের দরুন (Dipole-induced-dipole attraction), (c) সঞ্চারিত দ্বিমেরু-সঞ্চারিত দ্বিমেরু আকর্ষণের দরুন (Induced dipole induced dipole attraction)। সমযোজী পদার্থ বিশুদ্ধ সমযোজী না হলে অণুর একপ্রান্তে সামান্য পরা চার্জ এবং অপর প্রান্তে সামান্য অপরা চার্জের উদ্ভব হবে, অর্থাৎ, অণুটি একটি দ্বি-মেরু (বা dipole) রূপে কাজ করবে। একটি দ্বি-মেরুর পরা চার্জযুক্ত প্রান্ত অপর দ্বি-মেরুর অপরা চার্জযুক্ত প্রান্তের দিকে আকৃষ্ট হবে। এইভাবে বিভিন্ন অণুর মধ্যে দ্বিমেরু-দ্বিমেরু আকর্ষণী বলের উদ্ভব হবে।

আবার একটি বিশেষ অণু দ্বি-মেরুধর্মী হলে অপর অণুতে দ্বি মেরুধর্মিতা সঞ্চারিত (induce) করতে পারে। সে ক্ষেত্রেও দ্বি-মেরু এবং সঞ্চারিত দ্বি-মেরুর মধ্যে একইভাবে আকর্ষণী বল কাজ করতে পারে।

এমন কি সমযোজী পদার্থ যদি বিশুদ্ধভাবেই সমযোজীও হয় তাহলেও বন্ধীয় ইলেকট্রনগুলি দুটি পরমাণুর একেবারে ঠিক মাঝামাঝি স্থানে সর্বদাই নাও থাকতে পারে, সাময়িকভাবে একটি পরমাণুর দিকে একটু বেশী সরে গেলেই সাময়িকভাবে অণুতে দ্বি-মেরুধর্মিতা দেখা দিতে পারে। এক্ষেত্রে বিভিন্ন অণুগুলির মধ্যে যে আকর্ষণী বল ক্রিয়াশীল হবে সেটিই হল সঞ্চারিত দ্বিমেরু-সঞ্চারিত দ্বিমেরু আকর্ষণী বল।

ভ্যানডার ওয়ালস বলসমূহের প্রাবল্য কিছুটা অনুভূত হয় বিভিন্ন অণুগুলি যদি পরস্পরের খুব কাছাকাছি থাকে তবেই, যেমনটি ঘটে থাকে পদার্থ কঠিন বা তরল অবস্থায় থাকলে, অথবা গ্যাসীয় অবস্থায় যদি উচ্চ চাপে সংকুচিত অবস্থায় থাকে তাহলে। এই বলসমূহের প্রাবল্য নির্ভর

করে মূলত পদার্থের আণবিক ওজনের উপর—উচ্চ আণবিক ওজন বিশিষ্ট অণুগুলির ক্ষেত্রে এই বলসমূহ প্রবলতর হয়, নিম্ন আণবিক ওজন বিশিষ্ট অণুগুলির ক্ষেত্রে ঐ বলসমূহ ক্ষীণতর হয়। ভ্যানডার ওয়ালস বল প্রবল হলে অণুগুলিকে পৃথক করতে বেশী শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন, অপরপক্ষে ঐ বল ক্ষীণ হলে কম শক্তি প্রয়োগেই অণুগুলিকে পৃথক করা সম্ভব। স্ফুটনের অর্থ অণুগুলির মধ্যেকার দূরত্ব বাড়িয়ে দেওয়া বা অণুগুলিকে পৃথক করে দেওয়া। কাজেই ভ্যানডার ওয়ালস বল প্রবলতর হলে স্ফুটনাংক উচ্চতর হওয়াই প্রত্যাশিত। নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলদের স্ফুটনাংক নীচে দেওয়া হল। এই মানগুলি পর্যবেক্ষণ করলেই উপরে আলোচিত বিষয়টি পরিষ্কার হবে ঃ

মৌল	হিলিয়াম	নিয়ন	আরগন	ক্রিপটন	জেনন	র‍্যাডন
স্ফুটনাংক, °সে.	−269	−246	−186	−153	−107	−61

আয়নীয় বন্ধনী এবং সমযোজী বন্ধনীর শক্তি কিন্তু মোটামুটিভাবে একইরূপ, অর্থাৎ এই উভয়প্রকার বন্ধনী ভাঙ্গতে প্রায় সমপরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়। এই আন্তঃপারমাণবিক শক্তিগুলির তুলনায় ভ্যানডার ওয়ালস বলের শক্তি অর্থাৎ, আন্তঃ-আণবিক শক্তির তীব্রতা অনেক কম। সুতরাং অণুগুলিকে পৃথক করতে অপেক্ষাকৃত কম শক্তির প্রয়োজন। এজন্য আণবিক কেলাসগুলি, যেমন কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড (শুষ্ক বরফ), ন্যাপথালিন ইত্যাদি, সাধারণত নরম হয়।

আয়োডিন একটি সমযোজী পদার্থ। আয়োডিন অণুতে দুটি আয়োডিন পরমাণু সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পরে আবদ্ধ থাকে। আয়োডিন পরমাণু দুটিকে পৃথক করতে গেলে এই সমযোজী বন্ধনী ভাঙ্গতে হবে, যেটি বেশ শক্তিসাধ্য কাজ। তবে, আয়োডিন অণুগুলি দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বলের মাধ্যমে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত—অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করতে খুব বেশী শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না, অর্থাৎ আয়োডিন নিম্ন-স্ফুটনাংক সম্পন্ন পদার্থ।

(ii) **গলনাংক এবং স্ফুটনাংক ঃ সাধারণত তড়িৎ-যোজী যৌগসমূহের গলনাংক এবং স্ফুটনাংক সমযোজী যৌগসমূহের গলনাংক এবং স্ফুটনাংকের তুলনায় উচ্চতর।**

বিষয়টির সত্যতা পরিস্ফুট করতে কয়েকটি তড়িৎ-যোজী এবং সমযোজী যৌগের গলনাংক এবং স্ফুটনাংক নীচের সারণীতে দেখানো হল ঃ

সারণী ঃ কয়েকটি তড়িৎ-যোজী এবং সমযোজী যৌগের গলনাংক এবং স্ফুটনাংক।

যৌগ	আয়নীয়/সমযোজী	গলনাংক, °সে.	স্ফুটনাংক, °সে.
সোডিয়াম ক্লোরাইড, NaCl	আয়নীয়	801	1413
কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, CCl_4	সমযোজী	−23	77
স্ট্যানাস ক্লোরাইড, $SnCl_2$	আয়নীয়	246	623
স্ট্যানিক ক্লোরাইড, $SnCl_4$	সমযোজী	−33	114
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, Al_2O_3	আয়নীয়	2050	2250
অ্যালুমিনিয়াম আয়োডাইড AlI_3	সমযোজী	191	360

আয়নীয় যৌগে বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলিকে একত্রে ধরে রাখে তীব্র শক্তি সম্পন্ন স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বল। আয়নগুলিকে পৃথকীকরণের জন্য ঐ তীব্র আকর্ষণী বলের প্রভাব

কাটিয়ে উঠতে হবে—যে জন্য যথেষ্ট শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন, ফলে আয়নীয় যৌগের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সুউচ্চ। সমযোজী পদার্থে অণুগুলিকে পৃথক করতে মৃদু শক্তি সম্পন্ন ভ্যানডার ওয়ালস বলের প্রভাব থেকে অণুগুলিকে মুক্ত করতে হবে, যার জন্য অধিক শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। কাজেই **সাধারণত** সমযোজী পদার্থের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ নয়। একই কারণে আয়নীয় যৌগ সাধারণত কম উদ্বায়ী এবং সমযোজী পদার্থ বেশী উদ্বায়ী, সমযোজী পদার্থের **বাষ্পীয় চাপ তুলনামূলক ভাবে অনেক বেশী**। সমযোজী পদার্থ আয়োডিনের বাষ্পীয় চাপ এত বেশী যে তাপ প্রয়োগে এটি কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় (তরলে পরিণত না হয়ে)।

কয়েকটি পদার্থ অবশ্য সমযোজী হলেও তাদের গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ—যেমন হীরক, সিলিকন কার্বাইড ইত্যাদি। এদের উচ্চ গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কের কারণ হল এরা অতিকায় অণুর সৃষ্টি করে—অনেকগুলি অণু একত্রে আবদ্ধ থেকে এই ধরনের অতিকায় অণু গঠন করে এবং গঠনটি সাধারণত ত্রিমাত্রিক (Three dimensional) হয়ে থাকে।

(iii) **তড়িৎ-পরিবাহিতা ঃ** আয়নীয় কেলাসে বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলি তীব্র শক্তি সম্পন্ন স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বলের প্রভাবে দৃঢ়ভাবে পরস্পরে আবদ্ধ থাকে। কঠিন অবস্থায় আয়নগুলির মুক্ত গতিবিধি সম্ভব নয়। কিন্তু কেলাস গলিত করলে আয়নগুলি গতিশীল হয়ে উঠতে পারে এবং গলিত অবস্থায় আয়নীয় যৌগে তড়িৎ-চালনা করলে এই আয়নগুলি তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম হয়—কঠিন অবস্থায় কিন্তু আয়নগুলির গতিশীলতা না থাকায় (এরা পরস্পরে দৃঢ়বদ্ধ থাকায়) এদের পক্ষে তড়িৎ-পরিবহণ করা সম্ভব নয়। আয়নীয় যৌগকে মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত করলে দ্বি-মেরু দ্রাবক অণুর পরা মেরুপ্রান্ত আয়নীয় কেলাসে বর্তমান অ্যানায়নকে আকর্ষণ করে। অনুরূপভাবে দ্রাবক অণুর অপরা চার্জবাহী প্রান্ত আয়নীয় কেলাসের ক্যাটায়নকে আকর্ষণ করে। ফলে আয়নীয় কেলাসে বর্তমান বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলির মধ্যেকার আকর্ষণ অনেকখানি শিথিল হবার ফলে মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থাতেও আয়নগুলি তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম হয়।

সমযোজী যৌগে আয়ন বর্তমান না থাকায় **বিশুদ্ধ অবস্থায়** সমযোজী যৌগ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম নয়। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে সমযোজী পদার্থ মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে দ্রাবক অণুর সঙ্গে বিক্রিয়ার মাধ্যমে আয়ন গঠন করতে পারে। সেক্ষেত্রে, **দ্রবীভূত অবস্থায়** ঐ ধরনের সমযোজী পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম হয়।

অর্থাৎ, সংক্ষেপে—**আয়নীয় যৌগ সাধারণত বিগলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী** এবং তড়িৎ পরিবহণকালে রাসায়নিক ভাবে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়।

সমযোজী যৌগ সাধারণত বিগলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িতের অপরিবাহী।

সোডিয়াম ক্লোরাইড আয়নীয় যৌগ, এটি বিগলিত অবস্থায় বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িতের পরিবাহী। বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডে তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সমযোজী যৌগ, বিশুদ্ধ অবস্থায় এটি তড়িতের পরিবাহী নয়, কিন্তু জলে দ্রবীভূত করলে এটি জল-অণুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়ন গঠন করে ঃ

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{হাইড্রনিয়াম আয়ন}}{H_3O^+} + \underset{\text{ক্লোরাইড আয়ন}}{Cl^-}$$

জলে দ্রবীভূত অবস্থায় HCl তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম। H_2SO_4-এর ক্ষেত্রেও একই কথা প্রযোজ্য।

(iv) **দ্রাব্যতা :** তড়িৎ-যোজী যৌগ সাধারণত মেরুধর্মী দ্রাবকে (যথা জল, অ্যালকোহল, তরল অ্যামোনিয়া ইত্যাদিতে) দ্রবীভূত হয় এবং অমেরুধর্মী দ্রাবকে (যথা বেঞ্জিন, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ইত্যাদিতে) দ্রবীভূত হয় না।

অপরপক্ষে, **সমযোজী যৌগ সাধারণত অমেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।**

উদাহরণস্বরূপ, তড়িৎ-যোজী যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইড মেরুধর্মী দ্রাবক জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়, কিন্তু অমেরুধর্মী দ্রাবক বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয় না।

সমযোজী যৌগ কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মেরুধর্মী দ্রাবক জলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু অমেরুধর্মী দ্রাবক বেঞ্জিনে সহজেই দ্রবীভূত হয়। সেইরূপ সমযোজী পদার্থ আয়োডিন জলে অতি সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়, কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে কিন্তু সহজেই দ্রবীভূত হয়।

কয়েকটি সমযোজী পদার্থ, যেমন অ্যালকোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি, মেরুধর্মী দ্রাবক যেমন জলে অতি সহজেই অবশ্য দ্রবীভূত হয়—এর কারণ হল ঐসব সমযোজী পদার্থ নিজেরাও মেরুধর্মী।

আয়নীয় যৌগের মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হবার কারণ হল : মেরুধর্মী দ্রাবক অণুর অপরা চার্জযুক্ত প্রান্ত আয়নীয় কেলাসে বর্তমান ক্যাটায়নকে আকর্ষণ করে এবং দ্রাবক অণুর পরা চার্জযুক্ত প্রান্ত কেলাসে বর্তমান অ্যানায়নকে আকর্ষণ করে। ফলে আয়নীয় কেলাসস্থিত ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নগুলির মধ্যেকার আকর্ষণী বল বেশ খানিকটা হ্রাসপ্রাপ্ত হওয়ায় ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নগুলি পরস্পর থেকে দূরে সরে গিয়ে দ্রাবক অণুর দ্বারা দ্রাবিত (solvated) হয়। আয়নগুলির নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রাবিত হবার শক্তি (solvation energy) কেলাসে বর্তমান অবস্থায় আয়নগুলির মধ্যেকার আকর্ষণী শক্তির তুলনায় বেশী হলেই নির্দিষ্ট যৌগ নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। অমেরুধর্মী দ্রাবক আয়নগুলিকে বিচ্ছিন্ন করে তাদের দ্রাবিত করতে পারে না।

সমযোজী পদার্থে আয়ন বর্তমান থাকে না, কাজেই মেরুধর্মী দ্রাবক অণু সমযোজী অণুগুলির মধ্যেকার আকর্ষণী শক্তির উপর কোন প্রভাব ফেলতে সমর্থ নয়। কাজেই সমযোজী পদার্থ মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।

(v) **রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার :** আয়নীয় যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া হল ঐ যৌগের উপাদান আয়নগুলির বিক্রিয়া এবং **সাধারণত আয়নীয় যৌগসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া উচ্চ গতিবেগ সম্পন্ন হয়ে থাকে।** আয়নীয় যৌগ পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং আয়নীয় যৌগ সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে পারস্পরিক রাসায়নিক বিক্রিয়া মুহূর্ত মধ্যে সংঘটিত হয় :

$$\overset{+}{K}\overset{-}{Cl} + \overset{+}{Ag}\overset{-}{NO_3} = \overset{+}{Ag}\overset{-}{Cl} + \overset{+}{Na}\overset{-}{NO_3}$$

অপরপক্ষে, **সমযোজী যৌগসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া তুলনামূলক ভাবে অনেক ধীরগতি সম্পন্ন হয়ে থাকে।** সমযোজী যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ নেয় সাধারণত এর উপাদান পরমাণুগুলি, এর জন্য প্রয়োজন হল অণুমধ্যস্থ পরমাণুগুলির মধ্যেকার শক্তিশালী সমযোজী বন্ধনী ভেঙ্গে ফেলা—যে বিষয়টি যথেষ্ট শক্তি প্রয়োগ ও সময় সাপেক্ষ। অনেকক্ষেত্রে, সমযোজী যৌগসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হতে বেশ কয়েক ঘণ্টা, এমনকি কয়েকদিনও লেগে যেতে পারে। গ্লুকোজের ইথাইল অ্যালকোহলে পরিবর্তন, নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপাদন ইত্যাদি সমযোজী পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার উদাহরণ :

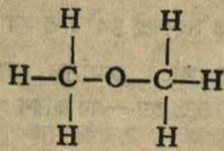
$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow 2C_2H_5OH + CO_2\,; \qquad N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

দুটি বিক্রিয়াই ধীরে ধীরে সংঘটিত হয়।

(vi) আয়নীয় বন্ধনী নির্দিষ্ট কোন দিকে নির্দেশিত থাকে না এবং কোন বিশেষ দুটি আয়নের মধ্যে আবদ্ধ এবং স্থির নির্দিষ্ট থাকে না। ফলে **আয়নীয় যৌগ সমাবয়বতা ধর্ম (isomerism) প্রদর্শন করতে পারে না।**

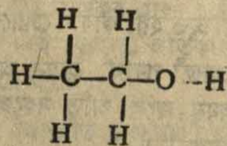
অপরপক্ষে, সমযোজী বন্ধনী দুটি পরমাণুর মধ্যে স্থির নির্দিষ্ট এবং শূন্যে নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত থাকে। এর ফলে অনেক **সমযোজী যৌগের আইসোমার থাকে** (খুব সহজভাবে বলা যায়, বিভিন্ন যৌগের আণবিক সংকেত যদি একই হয় কিন্তু গঠন-সংকেত পৃথক হয় তবে ঐ যৌগগুলিকে পরস্পরের আইসোমার বলা হয়)।

ডাই মিথাইল ইথার এবং ইথাইল অ্যালকোহল উভয় সমযোজী যৌগেরই আণবিক সংকেত একই—C_2H_6O। কিন্তু এদের গঠন সংকেত হল :



ডাই মিথাইল ইথার

এবং



ইথাইল অ্যালকোহল

তড়িৎ-যোজী পদার্থ এবং সমযোজী পদার্থের ধর্ম সম্পর্কে যে আলোচনা করা হল তারই সারাংশ সংক্ষিপ্ত তালিকাকারে নীচে দেওয়া হল :

তড়িৎ-যোজী পদার্থ	সমযোজী পদার্থ
(i) **বন্ধনীর প্রকৃতি :** তড়িৎ-যোজী যৌগে **স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বল** বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলিকে একত্রে ধরে রাখে। এই বল সম্ভাব্য সকল দিকেই ক্রিয়াশীল, কোন বিশেষ দিকে নির্দেশিত থাকে না বা বিশেষ দুটি আয়নের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে না। **তড়িৎ-যোজী যৌগ বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অণু রূপে বর্তমান থাকে না,** তড়িৎ-যোজী যৌগ আসলে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নসমূহের সম্মিলনী বলা চলে। আয়নগুলিকে বিচ্ছিন্ন করতে অধিক শক্তির প্রয়োজন হয়।	(i) সমযোজী পদার্থের অণুতে পরমাণু-সমূহের মধ্যেকার বন্ধনী বলের উৎস হল বিপরীত ঘূর্ণন বিশিষ্ট দুটি ইলেকট্রনের জোড়-বাঁধা জনিত তড়িৎ-চুম্বকীয় শক্তি। সমযোজী বন্ধনী বিশেষ দুটি পরমাণুর মধ্যেই স্থির নির্দিষ্ট থাকে এবং শূন্যে নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত থাকে। **সমযোজী পদার্থ বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অণু রূপে বর্তমান থাকে।** বিভিন্ন অণুগুলি দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস্ বলসমূহ দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে। অণুগুলিকে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন করতে খুব বেশী শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। **সমযোজী বন্ধনী** এবং **আয়নীয় বন্ধনীর** শক্তি অবশ্য মোটামুটি একই রকমের।
(ii) **গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক :** তড়িৎ-যোজী পদার্থসমূহের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সাধারণত সুউচ্চ হয়ে থাকে।	(ii) সমযোজী পদার্থসমূহ সাধারণত নিম্ন গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন হয়ে থাকে। কয়েকটি সমযোজী পদার্থ যারা অতিকায় অণু গঠন করে বা যাদের একাধিক অণু হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা

তড়িৎ-যোজী পদার্থ	সমযোজী পদার্থ
	পরস্পরে যুক্ত থাকে তারা অবশ্য উচ্চ গলনাংক এবং স্ফুটনাংক সম্পন্ন হয়ে থাকে।
(iii) **তড়িৎ-পরিবাহিতা :** তড়িৎ-যোজী যৌগসমূহ সাধারণত গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী এবং তড়িৎ পরিবহণ কালে রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়।	(iii) সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত বিগলিত অবস্থায় বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িতের অপরিবাহী। কয়েকটি সমযোজী যৌগ অবশ্য দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী—কারণ দ্রাবক অণুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় এরা আয়ন গঠন করে। যেমন : HCl. $HCl+H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
(iv) **দ্রাব্যতা :** তড়িৎ-যোজী যৌগ সাধারণত মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, অমেরু ধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।	(iv) সমযোজী পদার্থ সাধারণত অ-মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়—মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না। (কিছু কিছু সমযোজী যৌগ অবশ্য মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কারণ এরা নিজেরাই মেরুধর্মী)।
(v) **রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ :** তড়িৎ-যোজী যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া হল আয়নীয় বিক্রিয়া এবং এই বিক্রিয়া সাধারণত দ্রুত সংঘটিত হয়।	(v) সমযোজী যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া তুলনামূলক ভাবে মৃদু গতিতে সংঘটিত হয়। সমযোজী পদার্থের বিক্রিয়া সাধারণত পারমাণবিক বিক্রিয়া।
(vi) **সমাবয়বতা ধর্ম** (isomerism) **:** আয়নীয় যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতা ধর্ম দৃষ্ট হয় না।	(vi) অনেক সমযোজী যৌগেরই আইসোমার থাকতে পারে।

প্রশ্ন : 3.26 আয়নীয় বন্ধনীর বল নির্দিষ্ট কোন দিকে ক্রিয়াশীল থাকে কি? আয়নীয় বন্ধনী কি বিশেষ কোন দুটি পরমাণুর মধ্যে স্থির নির্দিষ্ট থাকে?

3.27 সমযোজী বন্ধনীর শক্তি কি আয়নীয় বন্ধনীর তুলনায় খুব কম?

3.28 আয়নীয় যৌগ কি বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অণু রূপে আয়নীয় কেলাসে বিরাজ করে?

3.29 আয়নীয় কেলাসে বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলিকে একত্রে ধরে রাখে যে বল তার প্রকৃতিটি কিরূপ?

3.30 সমযোজী পদার্থে কি বিচ্ছিন্ন অণু বর্তমান থাকে?

3.31 আণবিক কেলাস কাকে বলে? আণবিক কেলাসে অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণী বলকে কি বলে? এই বলের প্রকৃতি কিরূপ?

3.32 সমযোজী পদার্থের অণুতে পরমাণুগুলিকে একত্রে ধরে রাখে কোন্ বল?

3.33 (a) হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্টন, জেনন—এই নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির স্ফুটনাংকের ক্রম কিরূপ হওয়া প্রত্যাশিত এবং কেন?

(b) ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের মধ্যে কোন্‌টির স্ফুটনাংক উচ্চতম এবং কোন্‌টির নিম্নতম? সম্ভাব্য ব্যাখ্যা দাও।

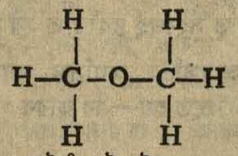
3.34 "সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ওজন 58·5"—এই বিবৃতিটি কি সঠিক?

3.35 (a) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাংক 801°সে., কিন্তু কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের গলনাংক —23°সে.। CCl_4-এর গলনাংক NaCl-এর গলনাংকের তুলনায় এত কম কেন?

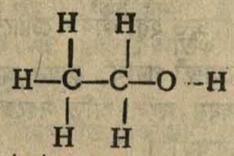
(vi) আয়নীয় বন্ধনী নির্দিষ্ট কোন দিকে নির্দেশিত থাকে না এবং কোন বিশেষ দুটি আয়নের মধ্যে আবদ্ধ এবং স্থির নির্দিষ্ট থাকে না। ফলে **আয়নীয় যৌগ সমাবয়বতা ধর্ম (isomerism) প্রদর্শন করতে পারে না।**

অপরপক্ষে, সমযোজী বন্ধনী দুটি পরমাণুর মধ্যে স্থির নির্দিষ্ট এবং শূন্যে নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত থাকে। এর ফলে অনেক **সমযোজী যৌগের আইসোমার থাকে** (খুব সহজভাবে বলা যায়, বিভিন্ন যৌগের আণবিক সংকেত যদি একই হয় কিন্তু গঠন-সংকেত পৃথক হয় তবে ঐ যৌগগুলিকে পরস্পরের আইসোমার বলা হয়)।

ডাই মিথাইল ইথার এবং ইথাইল অ্যালকোহল উভয় সমযোজী যৌগেরই আণবিক সঙ্কেত একই—C_2H_6O। কিন্তু এদের গঠন সংকেত হল :


ডাই মিথাইল ইথার

এবং


ইথাইল অ্যালকোহল

তড়িৎ-যোজী পদার্থ এবং সমযোজী পদার্থের ধর্ম সম্পর্কে যে আলোচনা করা হল তারই সারাংশ সংক্ষিপ্ত তালিকাকারে নীচে দেওয়া হল :

তড়িৎ-যোজী পদার্থ	সমযোজী পদার্থ
(i) **বন্ধনীর প্রকৃতি :** তড়িৎ-যোজী যৌগে **স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বল** বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলিকে একত্রে ধরে রাখে। এই বল সম্ভাব্য সকল দিকেই ক্রিয়াশীল, কোন বিশেষ দিকে নির্দেশিত থাকে না বা বিশেষ দুটি আয়নের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে না। **তড়িৎ-যোজী যৌগ বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অণু রূপে বর্তমান থাকে না,** তড়িৎ-যোজী যৌগ আসলে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নসমূহের সম্মিলনী বলা চলে। আয়নগুলিকে বিচ্ছিন্ন করতে অধিক শক্তির প্রয়োজন হয়।	(i) সমযোজী পদার্থের অণুতে পরমাণুসমূহের মধ্যেকার বন্ধনী বলের উৎস হল বিপরীত ঘূর্ণন বিশিষ্ট দুটি ইলেকট্রনের জোড়-বাঁধা জনিত **তড়িৎ-চুম্বকীয় শক্তি।** সমযোজী বন্ধনী বিশেষ দুটি পরমাণুর মধ্যেই স্থির নির্দিষ্ট থাকে এবং শূন্যে নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত থাকে। **সমযোজী পদার্থ বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অণু রূপে বর্তমান থাকে।** বিভিন্ন অণুগুলি **দুর্বল** ভ্যানডার ওয়ালস্ বলসমূহ দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে। অণুগুলিকে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন করতে খুব বেশী শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। **সমযোজী বন্ধনী** এবং **আয়নীয় বন্ধনীর শক্তি** অবশ্য মোটামুটি একই রকমের।
(ii) **গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক :** তড়িৎ-যোজী পদার্থসমূহের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সাধারণত সুউচ্চ হয়ে থাকে।	(ii) সমযোজী পদার্থসমূহ সাধারণত নিম্ন গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন হয়ে থাকে। কয়েকটি সমযোজী পদার্থ যারা অতিকায় অণু গঠন করে বা যাদের একাধিক অণু হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা

তড়িৎ-যোজী পদার্থ	সমযোজী পদার্থ
	পরস্পরে যুক্ত থাকে তারা অবশ্য উচ্চ গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন হয়ে থাকে।
(iii) **তড়িৎ-পরিবাহিতা :** তড়িৎ-যোজী যৌগসমূহ সাধারণত গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী এবং তড়িৎ পরিবহণ কালে রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়।	(iii) সমযোজী যৌগসমূহ সাধারণত বিগলিত অবস্থায় বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িতের অপরিবাহী। কয়েকটি সমযোজী যৌগ অবশ্য দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী—কারণ দ্রাবক অণুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় এরা আয়ন গঠন করে। যেমন : HCl. $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
(iv) **দ্রাব্যতা :** তড়িৎ-যোজী যৌগ সাধারণত মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, অমেরু ধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।	(iv) সমযোজী পদার্থ সাধারণত অ-মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়—মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না। (কিছু কিছু সমযোজী যৌগ অবশ্য মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কারণ এরা নিজেরাই মেরুধর্মী)।
(v) **রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ :** তড়িৎ-যোজী যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া হল আয়নীয় বিক্রিয়া এবং এই বিক্রিয়া সাধারণত দ্রুত সংঘটিত হয়।	(v) সমযোজী যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া তুলনামূলক ভাবে মৃদু গতিতে সংঘটিত হয়। সমযোজী পদার্থের বিক্রিয়া সাধারণত পারমাণবিক বিক্রিয়া।
(vi) **সমাবয়বতা ধর্ম (isomerism) :** আয়নীয় যৌগের ক্ষেত্রে সমাবয়বতা ধর্ম দৃষ্ট হয় না।	(vi) অনেক সমযোজী যৌগেরই আইসোমার থাকতে পারে।

প্রশ্ন : 3.26 আয়নীয় বন্ধনীর বল নির্দিষ্ট কোন দিকে ক্রিয়াশীল থাকে কি ? আয়নীয় বন্ধনী কি বিশেষ কোন দুটি পরমাণুর মধ্যে স্থির নির্দিষ্ট থাকে ?

3.27 সমযোজী বন্ধনীর শক্তি কি আয়নীয় বন্ধনীর তুলনায় খুব কম ?

3.28 আয়নীয় যৌগ কি বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অণু রূপে আয়নীয় কেলাসে বিরাজ করে ?

3.29 আয়নীয় কেলাসে বিপরীত চার্জবাহী আয়নগুলিকে একত্রে ধরে রাখে যে বল তার প্রকৃতিটি কিরূপ ?

3.30 সমযোজী পদার্থে কি বিচ্ছিন্ন অণু বর্তমান থাকে ?

3.31 আণবিক কেলাস কাকে বলে ? আণবিক কেলাসে অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণী বলকে কি বলে ? এই বলের প্রকৃতি কিরূপ ?

3.32 সমযোজী পদার্থের অণুতে পরমাণুগুলিকে একত্রে ধরে রাখে কোন্ বল ?

3.33 (a) হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্টন, জেনন—এই নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলির স্ফুটনাঙ্কের ক্রম কিরূপ হওয়া প্রত্যাশিত এবং কেন ?

(b) ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের মধ্যে কোন্‌টির স্ফুটনাঙ্ক উচ্চতম এবং কোন্‌টির নিম্নতম ? সম্ভাব্য ব্যাখ্যা দাও।

3.34 "সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ওজন 58·5"—এই বিবৃতিটি কি সঠিক ?

3.35 (a) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 801°সে., কিন্তু কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের গলনাঙ্ক —23°সে.। CCl_4-এর গলনাঙ্ক NaCl-এর গলনাঙ্কের তুলনায় এত কম কেন ?

(b) স্ট্যানাস ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্ক 623°সে., কিন্তু স্ট্যানিক ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্ক মাত্র 114°সে. কেন ?

3.36 আয়োডিন অল্প তাপ প্রয়োগে অতি সহজেই বাষ্পায়িত হয়ে যায়। কেন ?

3.37 হীরক সমযোজী পদার্থ। তবুও হীরকের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ। কেন ?

3.38 কঠিন অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িতের পরিবাহী নয়, কিন্তু গলিত অবস্থায় তড়িতের পরিবাহী। কেন ?

3.39 বিশুদ্ধ অবস্থায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড কি তড়িতের পরিবাহী ? জলীয় দ্রবণে ?

3.40 "সোডিয়াম ক্লোরাইড বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয় এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয়"—এই বিবৃতিটি কি সঠিক ?

3.41 কয়েকটি যৌগ সমযোজী হলেও মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। এর কারণ কি ?

3.42 আয়নীয় যৌগ মেরুধর্মী দ্রাবকের সংস্পর্শে আনলে আয়নগুলির মধ্যেকার আকর্ষণী বল বৃদ্ধি পায় না কমে যায় ? কেন ?

3.43 (i) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হল এবং (ii) হাইড্রোজেন এবং আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটানো হল। কোন্ বিক্রিয়াটির দ্রুততর বেগে সংঘটিত হবার সম্ভাবনা ? কেন ?

3.4 বন্ধনীসমূহের মেরুধর্মিতা (Polarity of bonds)

পূর্বেই আলোচিত হয়েছে যে আয়নীয় বন্ধনী গঠিত হয় একজাতীয় পরমাণু থেকে অপর জাতীয় পরমাণুতে এক বা একাধিক ইলেকট্রনের সম্পূর্ণরূপ স্থানান্তরের মাধ্যমে। যে পরমাণুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে সেটি পরা চার্জ যুক্ত আয়নে এবং যে পরমাণুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেটি অপরা চার্জ যুক্ত আয়নে পরিবর্তিত হয়। কাজেই, এক্ষেত্রে বন্ধনী যে মেরুধর্মী হবেই তা বুঝতে অসুবিধা হয় না।

কিন্তু সমযোজী বন্ধনীও যে অনেকক্ষেত্রেই মেরুধর্মী হতে পারে তা বুঝতে হলে কিছুটা আলোচনার প্রয়োজন।

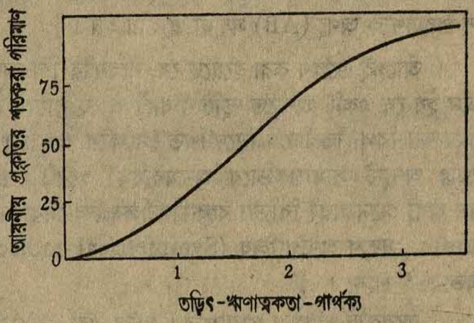
দুটি পরমাণুর মধ্যে কোন সমযোজী বন্ধনী গঠিত হয় একটি ইলেকট্রন-জোড়কে উভয় পরমাণুর সমভাবে ব্যবহারের মাধ্যমে। এখন, দুটি পরমাণু A এবং B-এর মধ্যেকার সমযোজী বন্ধনী বিশুদ্ধ সমযোজী হবে কেবলমাত্র তখনই যখন A ও B-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা একই মানের (অর্থাৎ, A এবং B একই মৌলের পরমাণু) হয়। এক্ষেত্রে, সমযোজী বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় A ও B পরমাণুদ্বয়ের ঠিক মধ্যবর্তী স্থানে থাকে : A : B। এমনটি হয়ে থাকে বিভিন্ন অধাতব মৌলের দ্বি-পরমাণুক অণুগুলির ক্ষেত্রে (যেমন, H_2, Cl_2, Br_2, F_2 ইত্যাদির ক্ষেত্রে)। কিন্তু A এবং B-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান যদি ভিন্ন হয় তবে A এবং B-এর মধ্যেকার বন্ধনী বিশুদ্ধ সমযোজী থাকতে পারে না—সেক্ষেত্রে ঐ বন্ধনীতে কম-বেশী পরিমাণে আয়নীয় ধর্ম লক্ষিত হয়। যদি B-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান A-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান অপেক্ষা উচ্চতর হয়, তবে A ও B-এর মধ্যেকার সমযোজী বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় B-এর দিকে তুলনামূলকভাবে বেশী সরে যাবে : A :B। এর ফলে A-এর উপরে সামান্য পরা চার্জ এবং B-এর উপরে সামান্য অপরা চার্জের উদ্ভব হবে, অর্থাৎ, A – B সমযোজী বন্ধনীতে খানিকটা আয়নীয় প্রকৃতি লক্ষিত হবে। যে কোন দুটি বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সমযোজী বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হলে, ঐ বন্ধনীতে কম-বেশী পরিমাণে আয়নীয় প্রকৃতি পরিলক্ষিত হবেই। ঠিক এমনটি হয়ে থাকে H – F, H – Cl, H – O এইসব সমযোজী বন্ধনীর ক্ষেত্রে। A – B সমযোজী বন্ধনীর কি পরিমাণ আয়নীয় প্রকৃতি থাকবে তা নির্ভর করবে A এবং B-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের পরিমাণের উপর—এই পার্থক্য বেশী হলে বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতিও বেশী হবে, পার্থক্য কম হলে বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতিও কম হবে। তড়িৎ-ঋণাত্মকতা পার্থক্য 1·7 হলে বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির পরিমাণ মোটামুটিভাবে 50% হয়।

তড়িৎ-ঋণাত্মকতা পার্থক্যের বিভিন্ন মানের জন্য বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির শতকরা পরিমাণ কত হবে নীচে সে সম্পর্কে খানিকটা ধারণা দেওয়া হল ঃ

তড়িৎ-ঋণাত্মকতা পার্থক্য	0·2	0·6	1·0	1·4	1·7	1·8	2·0	2·4	3·0
আয়নীয় প্রকৃতির শতকরা পরিমাণ (Percentage of ionic character)	1	9	22	39	50	55	63	76	89

এই বিষয়টি রৈখিক চিত্রের মাধ্যমেও দেখানো যেতে পারে (চিত্র 3.1)।

উপরের আলোচনার ভিত্তিতে এই সিদ্ধান্তেই উপনীত হতে হয় যে ভিন্নতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন দুটি পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধনী রচিত হলে ঃ



চিত্র 3.1

(i) সেই সমযোজী বন্ধনীতে কম-বেশী পরিমাণ আয়নীয় প্রকৃতি লক্ষিত হবেই।

(ii) সংযোগী দুটি পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা মানের পার্থক্য যত বেশী হবে পরমাণুদ্বয়ের মধ্যস্থ বন্ধনী তত বেশী পরিমাণে আয়নীয় প্রকৃতি-সম্পন্ন হবে।

(iii) সংযোগী পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে যেটি অপেক্ষাকৃত কম তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন সেটির উপর সামান্য পরা চার্জের উদ্ভব হবে এবং যে পরমাণুটি উচ্চতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন সেটির উপর সামান্য অপরা চার্জের উদ্ভব হবে।

পরা চার্জ এবং অপরা চার্জ যুক্ত কেন্দ্র সমন্বিত এই ধরনের বন্ধনীকে বলা হয় মেরুধর্মী বন্ধনী বা **polar bond** এবং এই ধরনের বন্ধনীর মাধ্যমে উৎপন্ন যৌগকে মেরুধর্মী যৌগ বা **polar compound** বলা হয়।

চুম্বকের সঙ্গে সাদৃশ্য অনুযায়ী এই ধরনের অণুকে দ্বি-মেরু বা dipole-ও বলা হয়ে থাকে।

পরা চার্জযুক্ত কেন্দ্র বা অপরা চার্জযুক্ত কেন্দ্রের যে কোনটির উপর চার্জের পরিমাণ (q) এবং কেন্দ্রদ্বয় মধ্যস্থ দূরত্বের (d) গুণফলকে বলা হয় দ্বি-মেরু ভ্রামক (μ) বা dipole-moment.

অর্থাৎ, দ্বি-মেরু ভ্রামক, $\mu = q \times d$.

চার্জ q-এর মান 10^{-10} স্থির-তাড়িতিক এককের (e.s.u.) স্তরের এবং পরা ও অপরা কেন্দ্রদ্বয়ের দূরত্বের মান 10^{-8} সে.মি. (cm.) পর্যায়ের। কাজেই, দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান হল $10^{-10} \times 10^{-8}$ বা 10^{-18} স্থির-তাড়িতিক একক × সে.মি. (e.s.u. × cm.) পর্যায়ের। এই একককে (অর্থাৎ 10^{-18} e.s.u. × c.m.-কে) বলা হয় **ডিবাই একক** [ডিবাই (Debye) দ্বি-মেরু ভ্রামক সম্পর্কিত উল্লেখযোগ্য বহু কাজ করেছিলেন বলেই ডিবাই-এর সম্মানার্থে ডিবাই এককের নামকরণ হয়েছে]।

দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান এবং দিক দুটিই আছে। কোন বন্ধনীর দ্বি-মেরু ভ্রামকের দিক সচরাচর একটি তীরচিহ্ন দ্বারা নির্দেশ করা হয়ে থাকে—তীর চিহ্নের অগ্রভাগ অপরা চার্জযুক্ত কেন্দ্রের দিকে নির্দেশিত থাকে (তীর চিহ্নটি পরা এবং অপরা চার্জযুক্ত কেন্দ্রদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখার সমান্তরালে থাকে)। যেমন ঃ $\overrightarrow{H-Cl}$, $\overrightarrow{H-F}$ বা, সাধারণভাবে $\overrightarrow{A-B}$ (B, A অপেক্ষা উচ্চতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন)।

দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান যত বেশী হবে বন্ধনী তত বেশী মেরুধর্মী হবে। অর্থাৎ, নিম্ন

দ্বি-মেরু ভ্রামক সম্পন্ন বন্ধনীর মেরুধর্মিতা কম এবং উচ্চ দ্বি-মেরু ভ্রামক সম্পন্ন বন্ধনীর মেরুধর্মিতা বেশী। **দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য হলে বন্ধনী মেরুধর্মিতাহীন বা অ-ধ্রুবীয় Non-polar)।**

একই মৌলের দুটি পরমাণু পরস্পরে যুক্ত হয়ে যে অণু গঠন করে সেটিকে অবশ্যই মেরুধর্মিতাহীন হতে হবে, কারণ বন্ধনীতে আবদ্ধ উভয় পরমাণুর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান একই অর্থাৎ, এই ধরনের অণুর ক্ষেত্রে দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান 0।

অপরদিকে, দুটি বিভিন্ন মৌলের পরমাণু একত্রে যুক্ত হয়ে বন্ধনী রচিত হলে সে বন্ধনীর মেরুধর্মিতা থাকবেই, **যদিও সেক্ষেত্রেও গঠিত অণুটির মধ্যে সামগ্রিকভাবে মেরুধর্মিতা নাও থাকতে পারে।** শেষোক্ত বিষয়টিকে একটু প্রাঞ্জল করা প্রয়োজন। [দুটি বিভিন্ন মৌল দিয়ে গঠিত দ্বি-পরমাণুক অণু (AB) সর্বদা ধ্রুবীয় হয়।]

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, বন্ধনীর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান ও দিক উভয়ই বর্তমান। যদি এমন হয় যে একটি অণুতে দুটি বন্ধনী আছে যাদের দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান একই কিন্তু, দ্বি-মেরু ভ্রামকদ্বয় বিপরীত দিকে নির্দেশিত সেক্ষেত্রে অণুটির সামগ্রিক দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য হবে, অর্থাৎ অণুটি সামগ্রিকভাবে অ-মেরুধর্মী হবে। প্রকৃতপক্ষে কোন অণুর মোট দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান অণু গঠনকারী বিভিন্ন বন্ধনীগুলির দ্বি-মেরু ভ্রামকগুলির বীজগাণিতিক সমষ্টি (Algebraic sum)। সদৃশ অণুগুলির (Symmetrical molecules) ক্ষেত্রে দ্বি-মেরু ভ্রামকের নীট মান স্বভাবতই শূন্য।

কয়েকটি সাধারণ পদার্থের (মৌল এবং যৌগ উভয়বিধ পদার্থেরই) অণুসমূহের দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান নীচের সারণীতে প্রদত্ত হল ঃ

সারণী ঃ কয়েকটি সাধারণ অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান

অণু	দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান (ডিবাই এককে)	অণু	দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান (ডিবাই এককে)
H_2	0	CO_2	0
O_2	0	SO_2	1·61
Cl_2	0	H_2O	1·84
N_2	0	H_2S	0·92
		CH_4	0
		CCl_4	0
HF	2·00	C_6H_6	0
		$CHCl_3$	1·15
HCl	1·03	NF_3	0·20
		NH_3	1·46

কোন অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণীত হতে পারে। দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান থেকে পদার্থের গঠন সংকেত সম্পর্কে যেমন গুরুত্বপূর্ণ ধারণা লাভ করা যেতে পারে তেমনি পদার্থের জানা গঠন সংকেত থেকে দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান সম্পর্কেও ধারণা লাভ করা যেতে পারে। উপরের সারণী থেকে কয়েকটি লক্ষণীয় বিষয়ের প্রতি দৃষ্টি আকর্ষণ করা যেতে পারে ঃ

(i) HF-এর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান খুবই উচ্চ, অর্থাৎ HF-এর মেরুধর্মিতা খুবই বেশী (কারণ H এবং F-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য বেশী)।

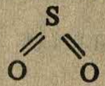
(ii) CO_2-এর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান 0, কিন্তু SO_2-এর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান 0 নয়। **এর কারণ হল ঃ** CO_2 অণুর গঠন-সংকেত সরল রৈখিক (linear) হওয়ায় দুটি C–O দ্বি-মেরু

ভ্রামক সমমানসম্পন্ন কিন্তু বিপরীতমুখী হওয়ার ফলে অণুর সামগ্রিক দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান 0 ঃ

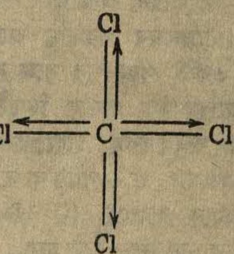
$$\overset{\mu_2}{\longleftarrow} \quad \overset{\mu_1}{\longrightarrow} \qquad (\mu_1 = \mu_2), \text{ অর্থাৎ, এক্ষেত্রে,}$$

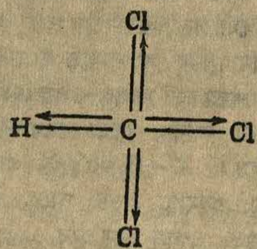
$$O = C = O \qquad \mu = \mu_1 - \mu_1 = 0$$

SO_2-এর অণুর গঠন কিন্তু কৌণিক। কাজেই দুটি S–O দ্বি-মেরু পরস্পরকে বাতিল (cancel) করে না। এই দুটি দ্বি-মেরু ভ্রামকের সমন্বিত (Resultant) দ্বি-মেরু ভ্রামকই SO_2 অণুর দ্বি-ভ্রামক ঃ

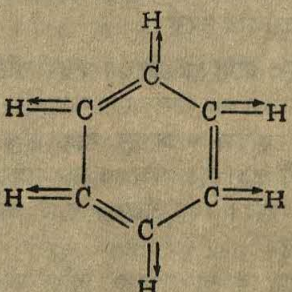


(iii) CCl_4 অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য কিন্তু $CHCl_3$-এর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য নয়। এর কারণ হল CCl_4-এ চারটি C–Cl দ্বি-মেরু পরস্পরকে বাতিল করে দেয়, কিন্তু $CHCl_3$-তে দুটি C–Cl দ্বি-মেরু পরস্পরকে বাতিল করলেও, একটি C–H দ্বি-মেরু ভ্রামক এবং একটি C–Cl দ্বি-মেরু ভ্রামক পরস্পরকে বাতিল করতে পারে না।





বেঞ্জিনের দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য, কারণ বেঞ্জিন অণুতে একই তলে (plane) বর্তমান 6টি সমমান সম্পন্ন C–H দ্বি-মেরু ভ্রামক পরস্পরকে প্রশমিত করে দেয় ঃ



কোন বন্ধনীর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান থেকে বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির (বা সমযোজী প্রকৃতির) শতকরা পরিমাণ সম্পর্কে একটা ধারণা পাওয়া যেতে পারে।

যেমন, HCl-এর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান $1{\cdot}03 \times 10^{-18}$ esu.cm এবং HCl-এর বন্ধনী-দূরত্ব জানা আছে $1{\cdot}27 \times 10^{-8}$ cm. এই বন্ধনী-দূরত্বকে চার্জ কেন্দ্রদ্বয়ের (পরা চার্জ এবং অপরা চার্জ কেন্দ্র দুটির) দূরত্ব হিসাবে গণ্য করলে পরা চার্জ বা অপরা চার্জের পরিমাণ দাঁড়ায়

$$\frac{1{\cdot}03 \times 10^{-18} \text{ esu.cm}}{1{\cdot}27 \times 10^{-8} \text{ cm.}} \quad \text{বা,} \quad 0{\cdot}8 \times 10^{-10} \text{ esu।}$$

HCl বন্ধনী যদি সম্পূর্ণভাবে (100%) আয়নীয় হত তবে এই চার্জের পরিমাণ হত +1 বা −1, অর্থাৎ $4{\cdot}8\times10^{-10}$ esu.

∴ HCl বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির শতকরা পরিমাণ হল

$$\frac{0{\cdot}8\times10^{-10}\ \text{esu}\times100}{4{\cdot}8\times10^{-10}\ \text{esu}} = 17$$

অর্থাৎ, HCl বন্ধনীর সমযোজীয় প্রকৃতির পরিমাণ (100 − 17) বা 83% ।

অনুরূপভাবে গণনার সাহায্যে দেখানো যায় যে, HF বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির শতকরা পরিমাণ হল 46 ।

এটি বলা নিষ্প্রয়োজন যে বন্ধনী আয়নীয় হলে বন্ধনীর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান অতি উচ্চ হবে।

3.5 হাইড্রোজেন-বন্ধনী (Hydrogen bond)

অতি উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের (যেমন, ফ্লুওরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এই সব মৌলের) **পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনীতে আবন্ধ হাইড্রোজেন পরমাণু অনেকক্ষেত্রে ঐ পরমাণুটির সঙ্গে যুক্ত থেকেও একই মৌলের দ্বিতীয় একটি পরমাণুর সঙ্গে বা সুউচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন অপর একটি মৌলের পরমাণুর সঙ্গে অপেক্ষাকৃত দুর্বল দ্বিতীয় একটি বন্ধনীতে আবন্ধ হতে পারে। দুর্বল এই দ্বিতীয় ধরনের বন্ধনীকেই হাইড্রোজেন-বন্ধনী বলা হয়।** X−H···Y, X এবং Y একই মৌলের দুটি পরমাণু হতে পারে বা দুটি পৃথক মৌলের পরমাণু হতে পারে, কিন্তু মৌলটিকে বা মৌলদ্বয়কে অবশ্যই (i) উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন হতে হবে, এবং (ii) এদের পরমাণু-ব্যাসার্ধের মান নিম্ন হতে হবে । (বিন্দু রেখা দ্বারা H-বন্ধনীকে বোঝানো হয়েছে ।)

এরূপ ক্ষেত্রে, H পরমাণুটি তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের (বা মৌলদ্বয়ের) পরমাণু দুটির (X এবং Y) মধ্যে সেতুর ন্যায় ভূমিকা নেয় বলে হাইড্রোজেন বন্ধনীকে অনেক সময় **হাইড্রোজেন সেতু** (Hydrogen bridge)-ও বলা হয়ে থাকে।

যে সব মৌলের পরমাণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী রচিত হতে পারে তারা হল ফ্লুওরিন, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন। ক্লোরিন এবং সালফারের পরমাণুদের মধ্যেও খুবই দুর্বল প্রকৃতির H-বন্ধনী গঠিত হতে পারে। কার্বন পরমাণুর সঙ্গে তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণু বা তীব্র ইলেকট্রন-আকর্ষী গ্রুপ যুক্ত থাকলেও অনেকক্ষেত্রে এই ধরনের কার্বন পরমাণুর মধ্যেও H-বন্ধনী রচিত হতে পারে। ফ্লুওরিনের দুটি পরমাণুর মধ্যেকার H-বন্ধনীর শক্তিই সর্ব প্রকার H-বন্ধনীর মধ্যে উচ্চতম।

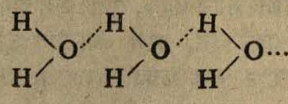
হাইড্রোজেন-বন্ধনী গঠনের কৌশল সম্পর্কে বিবিধ তত্ত্বের অবতারণা করা হয়েছে, তবে যে তত্ত্বটিকে সর্বাপেক্ষা অধিক গ্রহণীয় বলে মনে করা হয় তা হল এইরূপ ঃ

উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের পরমাণুর (X) সঙ্গে H পরমাণু সমযোজী বন্ধনীতে আবন্ধ থাকলেও বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের পরমাণুর দিকে বেশ খানিকটা সরে যায়, ফলে (H—X) অণুটি দ্বি-মেরু রূপে ক্রিয়া করে, দ্বি-মেরুর H প্রান্তটি পরা মেরুধর্মী হয়। H পরমাণুর আকার ক্ষুদ্র হওয়াতে পরা চার্জযুক্ত হাইড্রোজেন প্রান্ত অপর একটি দ্বি-মেরুর অপরা প্রান্তটিকে তীব্রভাবে নিজের দিকে আকর্ষণ করে যদি কিনা দ্বিতীয় দ্বি-মেরুর অপরা প্রান্তটিতে এমন পরমাণু বর্তমান থাকে যার আকার ক্ষুদ্র এবং যেটি তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন—ঐ পরমাণুর আকার বৃহৎ হলে সামান্য পরা চার্জযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু এবং সামান্য অপরা চার্জযুক্ত এই পরমাণুটির মধ্যেকার স্থির-তাড়িতিক আকর্ষণী বলের পরিমাণ খুবই কম হবে, যার ফলে

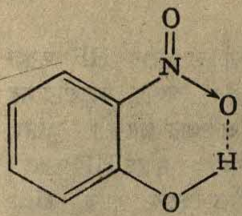
হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন সম্ভব হবে না। (নাইট্রোজেন এবং ক্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান প্রায় সমান, কিন্তু ক্লোরিন পরমাণুর আকার নাইট্রোজেন পরমাণুর তুলনায় বৃহত্তর হবার ফলে ক্লোরিন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে সামান্য পরিমাণে খুবই দুর্বল H-বন্ধনী হয়, কিন্তু নাইট্রোজেন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে এবং অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী H-বন্ধনী রচিত হয়)।

$$\overset{\delta^-}{X}-\overset{\delta^+}{H}\cdots\overset{\delta^-}{Y}-\overset{\delta^+}{H}$$

হাইড্রোজেন বন্ধনী বিভিন্ন অণুর মধ্যে রচিত হতে পারে। এই ধরনের হাইড্রোজেন বন্ধনীকে আন্তঃ-আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী (**Inter-molecular hydrogen bonding**) বলে, যেমন ঃ

F — H ---- F — H ---- F — H -----, 

আবার হাইড্রোজেন-বন্ধনী একই অণুর বিভিন্ন অংশের মধ্যেও গঠিত হতে পারে—যেমন অর্থোনাইট্রোফেনলে ঃ



এই ধরনের হাইড্রোজেন-বন্ধনীকে অণু-মধ্যস্থ হাইড্রোজেন-বন্ধনী (**intra-molecular hydrogen bonding**) বলে। আন্তঃ-আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনীর ফলে সম্মিলিত অণুর (**Associated molecules**) সৃষ্টি হয়। এর ফলে পদার্থটির স্ফুটনাঙ্ক (বা গলনাঙ্ক) প্রত্যাশিত মান থেকে উচ্চতর হতে পারে।

অণু মধ্যস্থ হাইড্রোজেন বন্ধনীর ফলে পদার্থের অণুর মধ্যেকারই দুটি অংশের হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে সংযোগের ফলে বলয় বা **ring** গঠিত হয় এবং আন্তঃ-আণবিক হাইড্রোজেন-বন্ধনী গঠন আর সম্ভব হয় না। ফলে, আন্ত-আণবিক হাইড্রোজেন-বন্ধনী গঠিত হতে পারলে সম্মিলিত অণু গঠনের মাধ্যমে পদার্থটির গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক যতটা উচ্চ হতে পারত প্রকৃত গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক ঐ প্রত্যাশিত মানসমূহ থেকে কম হয়।

হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন জনিত কারণে অনেক পদার্থের মধ্যে কিছু অস্বাভাবিক (**abnormal**) বা অপ্রত্যাশিত (**unexpected**) ধর্মাবলী লক্ষিত হয়। এই ধরনের কয়েকটি বিষয় নীচে উল্লেখিত হল ঃ

(i) **কয়েকটি সমযোজী হাইড্রাইডের অস্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক ঃ** সমযোজী পদার্থের সরল ধর্মাবলী প্রসঙ্গকে আলোচনাকালে আমরা দেখেছি যে সমযোজী পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক সাধারণত আণবিক ওজনের উপর নির্ভরশীল—আণবিক ওজন উচ্চ হলে স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ হয়, আণবিক ওজন কম হলে স্ফুটনাঙ্কও নিম্ন হয়। তাহলে পর্যায়-সারণীতে বিভিন্ন গ্রুপের (গ্রুপ **IVB** থেকে **VIIB**) ক্ষেত্রে সমযোজী হাইড্রাইডগুলির স্ফুটনাঙ্ক গ্রুপের যত নীচে অবতরণ করা যাবে ততই ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পাওয়া উচিত। গ্রুপ **IVB**-এর মৌলগুলির হাইড্রাইডসমূহের ক্ষেত্রে বিষয়টি ঠিক তাই হলেও অন্যান্য গ্রুপ-এর ক্ষেত্রে কিন্তু ঠিক তা নয়। গ্রুপ **VB, VIB** এবং **VIIB**-এর ক্ষেত্রে প্রথম মৌলটির (যথাক্রমে **N, O** এবং **F**-এর) হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক প্রত্যাশিত মানের থেকে অনেকখানি উচ্চতর। এর কারণ হল ঐ মৌলগুলির হাইড্রাইড যৌগে, অর্থাৎ NH_3, H_2O এবং HF-এ, (মৌলগুলির তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মকতার জন্য অণুগুলি ব্যাপক H-বন্ধনীর মাধ্যমে একত্রে সম্মিলিতভাবে (**associated**) গ্রথিত থাকে—অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করতে প্রচুর শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন হয়, অর্থাৎ এদের স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ হয়ে থাকে। ঐ সব গ্রুপের পরবর্তী মৌলগুলির হাইড্রাইডের ক্ষেত্রে H-বন্ধনী হয় একেবারেই গঠিত হয় না (উক্তিটি প্রযোজ্য গ্রুপ VB-তে PH_3, AsH_3, SbH_3, BiH_3-এর ক্ষেত্রে, গ্রুপ VIB-তে H_2Se, H_2Te-এর ক্ষেত্রে,

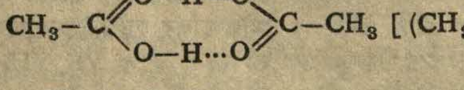
গ্রুপ VIIB-তে HBr, HI-এর ক্ষেত্রে) নয়তো বা খুবই সামান্য পরিমাণে দুর্বল H-বন্ধনী গঠিত হয় (উক্তিটি প্রযোজ্য গ্রুপ VIB-তে H_2S-এর ক্ষেত্রে এবং গ্রুপ VIIB-তে HCl-এর ক্ষেত্রে)।

(ii) **সাধারণ তাপমাত্রায় কয়েকটি সমযোজী হাইড্রাইডের বিশেষ ভৌত অবস্থাঃ** অক্সিজেন, সালফার, সেলেনিয়াম, টেলুরিয়াম পর্যায়-সারণীতে একই গ্রুপভুক্ত (গ্রুপ VIB) মৌল হওয়া সত্ত্বেও অক্সিজেনের হাইড্রাইড—জল সাধারণ তাপমাত্রায় তরল, অথচ অন্যান্য মৌলের হাইড্রাইডগুলি, যথা H_2S, H_2Se, H_2Te সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয়। এর কারণ হল অক্সিজেনের উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতার জন্য ব্যাপক H-বন্ধনীর মাধ্যমে জল অণুগুলি একত্রে সম্মিলিতভাবে থাকে, অর্থাৎ জল অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণী বল হাইড্রোজেন বন্ধনীর দরুন শক্তিশালী হয়, ফলে জল অণুগুলি পরস্পরের অনেকটা কাছাকাছি চলে আসার দরুন স্বাভাবিক তাপাঙ্কে জল তরল পদার্থ। S-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা অক্সিজেনের তুলনায় কম, অপরপক্ষে S পরমাণুর আকার O পরমাণুর আকার থেকে বৃহত্তর হওয়ায় H_2S অণুগুলির মধ্যে খুবই দুর্বল এবং অতি সামান্য পরিমাণে H-বন্ধনী গঠিত হতে পারে। কাজেই H_2S সাধারণ তাপাঙ্কে গ্যাসীয়। H_2Se এবং H_2Te-এর ক্ষেত্রে একেবারেই H-বন্ধনী হয় না।

আবার, HF, HCl, HBr এবং HI-এর মধ্যে 19·5°সে. এর নিম্ন তাপাঙ্কে HF তরল কিন্তু HCl, HBr এবং HI-এর প্রতিটিই গ্যাসীয়। এর কারণও একই। অর্থাৎ, ফ্লুওরিনের সুউচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতার জন্য HF অণুগুলি ব্যাপকভাবে সম্মিলিত অবস্থায় থাকে। অর্থাৎ, HF অণুগুলি পরস্পরের অনেকটা কাছে চলে আসে, ফলে উল্লেখিত তাপাঙ্কের নীচে HF তরল। HCl-এর ক্ষেত্রে খুব সামান্য পরিমাণে অতি দুর্বল H-বন্ধনী গঠিত হতে পারে, HBr এবং HI-এর ক্ষেত্রে H-বন্ধনী একেবারেই হবে না। কাজেই ঐ হাইড্রাইডগুলি স্বাভাবিক তাপাঙ্কে গ্যাসীয়।

(iii) **কয়েকটি সমযোজী হাইড্রাইডের অস্বাভাবিক বাষ্পীভবন তাপঃ** স্ফুটনাঙ্কের তাপমাত্রায় জলের বাষ্পীভবন তাপ H_2S-এর বাষ্পীভবন তাপের প্রায় দ্বিগুণ, এই মান প্রায় 9·72 কি. ক্যালোরি/মোল। অনুরূপভাবে অ্যামোনিয়ার এবং হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের বাষ্পীভবন তাপও অস্বাভাবিকভাবে উচ্চ। এর কারণও ব্যাপক H-বন্ধনী। প্রকৃতপক্ষে স্ফুটনাঙ্কের ক্ষেত্রে যে ধরনের রৈখিক চিত্র দেখানো হয়েছে বাষ্পীভবন তাপের ক্ষেত্রেও একই ধরনের রৈখিক চিত্র দৃষ্ট হবে।

(iv) **কয়েকটি পদার্থের গঠন-সংকেত আণবিক সংকেতের দ্বিগুণ হওয়াঃ** অ্যাসেটিক অ্যাসিডের গঠন সংকেত নির্ণয় করে দেখা গেছে যে এর গঠন সংকেত আণবিক সংকেতের দ্বি-গুণ। এর কারণও H-বন্ধনীঃ



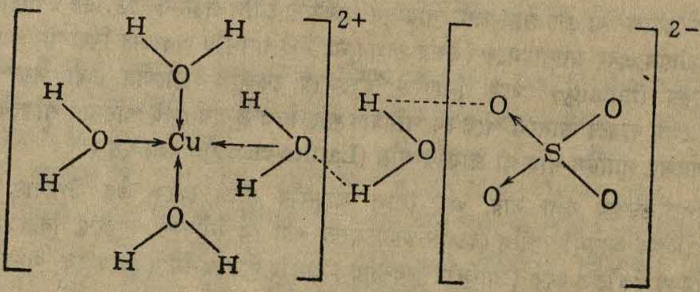
[$(CH_3COOH)_2$]

এছাড়া, কয়েকটি হাইড্রেট যৌগে কেলাস জল অণুগুলির দু-একটি হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত থাকতে পারে। অন্যান্য জল অণুগুলি দূরীভূত করতে যে পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে হয় ঐভাবে H-বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত জল-অণু দূরীভূত করতে তার চেয়ে বেশী শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন হয়। যেমন, নীল ভিট্রিয়ল বা কপার (II) সালফেট পেন্টা-হাইড্রেট ($CuSO_4$, $5H_2O$)-এর কথাই ধরা যাক। এই যৌগে চারটি জল অণু কিউপ্রিক আয়নের সঙ্গে কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত থাকে। পঞ্চম জল অণুটি কিন্তু সালফেট গ্রুপ এবং একটি কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত জল-অণুর মধ্যে H-বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত থাকে। নীল ভিট্রিয়লে তাপ প্রয়োগ করলে

চারটি জল-অণু (কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত জল অণুগুলি) সহজেই বাষ্পায়িত হয়ে দূরীভূত হয়। পঞ্চম জল অণুটি দূরীভূত করতে কিন্তু অধিকতর তাপ প্রয়োগের প্রয়োজন হয়ঃ

$$CuSO_4, 5H_2O \xrightarrow[(-4H_2O)]{\text{অল্প তাপ}} CuSO_4, H_2O\ ;$$

$$CuSO_4, H_2O \xrightarrow[(-H_2O)]{\text{অধিক তাপ}} CuSO_4$$



হাইড্রোজেন বন্ধনী সাধারণ আয়নীয় বন্ধনী বা সমযোজী বন্ধনীর তুলনায় অনেক দুর্বল। আয়নীয় বন্ধনী বা সমযোজী বন্ধনীর বিয়োজনীয় শক্তি (অর্থাৎ, বন্ধনী ভাঙ্গতে যে পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করতে হয়) যেখানে 30 থেকে 100 কিলোক্যালোরি/মোল, সেখানে H-বন্ধনীর বিয়োজনীয় শক্তি মাত্র 2—8 কিলোক্যালোরি/মোল। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে ফ্লুওরিন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে গঠিত H-বন্ধনীর শক্তিই সর্বপ্রকার H-বন্ধনীর মধ্যে সর্বোচ্চ। H-বন্ধনীর শক্তি মোটামুটিভাবে ভ্যানডার ওয়ালস বলসমূহের অনুরূপ হলেও H-বন্ধনী বিশেষ দিকে নির্দেশিত থাকে, কিন্তু ভ্যানডার ওয়ালস বলসমূহের নির্দিষ্ট কোন দিক নেই—সম্ভাব্য সকল দিকেই এই বলসমূহ ক্রিয়াশীল।

প্রশ্নঃ 3.44 সমযোজী বন্ধনী বিশুদ্ধ সমযোজীয় হতে পারে কখন ?

3.45 সমযোজী বন্ধনীর আংশিক আয়নীয় প্রকৃতির পরিমাণ কিসের উপর নির্ভর করে ?

3·46 A—B সমযোজী বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির শতকরা পরিমাণ 50 হবে কখন ?

3.47 H—Cl অণুটি কি দ্বি-মেরু রূপে ক্রিয়া করবে ?

3.48 দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান কোন্ এককে প্রকাশ করা হয় ?

3.49 দ্বি-মেরু ভ্রামকের কি নির্দিষ্ট কোন দিক আছে ?

3.50 CO_2 অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য, কিন্তু SO_2-এর ক্ষেত্রে এই মান 1·6 D। কেন ?

3.51 CCl_4-এর অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান কত হতে পারে ?

3.52 N_2 অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান কত হতে পারে ?

3.53 কোন অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান বেশী বা কম—এ থেকে কি জানা যায় ?

3.54 সাধারণ তাপমাত্রায় H_2O তরল কিন্তু H_2S গ্যাস—কেন ?

3.55 HF-এর স্ফুটনাংক HCl, HBr বা HI-এর তুলনায় অনেক উচ্চ। সম্ভাব্য কারণ কি ?

3.56 কোন অণু দুটি বিভিন্ন মৌলের পরমাণু দিয়ে গঠিত হলে সর্বদাই কি ধ্রুবীয় হবে ?

● পাঠ্য-সূচীর অন্তর্ভুক্ত নয়, কিন্তু জ্ঞাতব্য, রাসায়নিক বন্ধনী সম্পর্কিত এমন আরও কিছু বিষয় প্রসঙ্গে আলোচনাঃ

ল্যাটিস-শক্তি বা জাফরি-শক্তি (Lattice energy)ঃ আয়নীয় কেলাসে আয়নগুলি বিন্যস্ত থাকে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারে। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসের গঠন হল ঘনকাকার।

এই কেলাসে প্রতিটি Na^+ আয়ন নির্দিষ্ট দূরত্বে অবস্থিত 6টি Cl^- আয়ন দ্বারা অষ্টতলকাকারে পরিবেষ্টিত থাকে, তেমনি প্রতিটি Cl^- আয়নও 6টি নির্দিষ্ট দূরত্বে বিরাজমান Na^+ আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। আয়নীয় কেলাসে আয়নগুলির এইরূপ নির্দিষ্ট জ্যামিতিক ভঙ্গির কাঠামোটিকে কেলাস-কাঠামো বা **crystal-lattice** বলা হয়। আয়নগুলির নির্দিষ্ট এক বিশেষ ধরনের জ্যামিতিক অবস্থানের দরুন কেলাস গঠন বিশেষ সুস্থিতি লাভ করে। আয়নীয় যৌগ গঠন কেবলমাত্র ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়ন সৃষ্টির মাধ্যমেই সম্পন্ন হয় না, বা হতে পারে না। ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়ন-গুলির কেলাস-কাঠামোতে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক অবস্থানের দরুন উল্লেখ্য পরিমাণ শক্তি নির্গমনও আয়নীয় যৌগ গঠনের অনুকূল অবস্থার অন্যতম প্রধান শর্ত।

এক মোল বা এক গ্রাম-অণু পরিমাণ আয়নীয় যৌগ গঠন করতে এর উপাদান প্রয়োজনীয় সংখ্যক ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নকে (উভয় প্রকার নমুনাই গ্যাসীয় অবস্থায় বিদ্যমান এরূপ অবস্থায়) **অসীম দূরত্ব (infinity) থেকে নির্দিষ্ট আয়নীয় কেলাস-কাঠামোয় এরা পরস্পর যে দূরত্বে বিরাজমান সেই দূরত্বে আনলে পরে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয় সেই পরিমাণ শক্তিকে ঐ আয়নীয় যৌগ কেলাসের ল্যাটিস-শক্তি বা জাফরি-শক্তি (Lattice-energy) বলা হয়।**

বিপরীতভাবে বলা যায়, এক মোল আয়নীয় যৌগ থেকে এর উপাদান ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নগুলিকে আয়নীয় যৌগ কেলাস-কাঠামোতে এরা যে নির্দিষ্ট দূরত্বে বিরাজমান থাকে ত থেকে এদের পৃথকীকৃত করে (গ্যাসীয় অবস্থায়) অসীম দূরত্বে নিয়ে যেতে যে পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে হয় সেটাই ঐ কেলাসের ল্যাটিস-শক্তি।

ল্যাটিস-শক্তি যত বেশী হবে আয়নীয় যৌগ তত বেশী সুস্থিত হবে, অর্থাৎ আয়নীয় যৌগ গঠন তত বেশী অনুকূল হবে। আয়নীয় যৌগ গঠন সম্পর্কিত আলোচনাকালে ইতিপূর্বে সাধারণভাবে বলা হয়েছে যে সংযোগী দুটি পরমাণুর মধ্যে একটির আয়নীকরণ-বিভবের (ionisation potential) মান যদি কম হয় এবং অপর পরমাণুটির ইলিকট্রন-আসক্তির (electron-affinity) মান যদি উচ্চ হয় তবে ঐ দুটি পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে আয়নীয় বন্ধনে আবদ্ধ হবে।

কিন্তু Mg থেকে Mg^{2+} আয়ন গঠনের আয়নীকরণের মান কিন্তু কম নয় এবং O থেকে O^{2-} আয়ন গঠনে ইলেকট্রন আসক্তির মানও খুব কম (প্রকৃতপক্ষে এই মান ঋণাত্মক) তবুও যে Mg^{2+} এবং O^{2-} এর মধ্যে আয়নীয় বন্ধনী রচিত হয় তার কারণ হল MgO-এর ল্যাটিস-শক্তি সুউচ্চ। যে কোন ক্ষারীয় ধাতু বা ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতুর আয়নীয় অক্সাইড গঠন সম্পর্কে একই যুক্তি প্রযোজ্য।

বিশেষ ফর্মুলার সাহায্যে ল্যাটিস-শক্তি গণনার দ্বারা নির্ণয় করা যায়। বর্ণ-হেবার চক্র থেকেও ল্যাটিস-শক্তির মান নির্ণীত হতে পারে: নীচের সারণীতে কয়েকটি আয়নীয় যৌগের গণনার সাহায্যে নির্ণীত ল্যাটিস-শক্তির মান প্রদত্ত হল। মনে রাখতে হবে সংখ্যার পূর্বে অপরা চিহ্ন দ্বারা শক্তি যে নির্গত হয় সেটাই বোঝাতে চাওয়া হয়েছে—শক্তির পরিমাণ কিন্তু বুঝতে হবে অপরা চিহ্নটিকে বাদ রেখে।

সারণী 3.1 : কয়েকটি আয়নীয় যৌগের গণনার সাহায্যে নির্ণীত ল্যাটিস-শক্তির মান

আয়নীয় যৌগ	ল্যাটিস-শক্তি, কিলোক্যালোরি মোল
LiF	−254
LiCl	−196
NaCl	−187
CsCl	−150

বর্ণ-হেবার চক্র (Born-Haber cycle) ঃ

সোডিয়াম এবং ক্লোরিনের রাসায়নিক সংযোগ ক্রিয়াটির বিষয়টি ভাবা যাক। সোডিয়াম সাধারণ অবস্থায় কঠিনরূপে থাকে এবং ক্লোরিন থাকে গ্যাসীয় অবস্থায় অণু রূপে। সোডিয়াম ক্লোরাইডের গঠন বিষয়টি দুইভাবে ভাবা যেতে পারে। প্রথমত, কঠিন সোডিয়াম পরমাণু এবং গ্যাসীয় ক্লোরিনের সরাসরি সংযোগেই সোডিয়াম ক্লোরাইড অণু গঠিত হয় বলে চিন্তা করা যেতে পারে। সেক্ষেত্রে কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইডের উৎপাদন-তাপ (Heat of formation) মনে করা যাক Δ কি.ক্যালোরি/মোল। এই পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়।

আবার, সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠন কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন হয় বলেও কল্পনা করা যেতে পারে। এই ধাপগুলি নিম্নরূপ ঃ

(i) কঠিন সোডিয়াম পরমাণুকে বাষ্পায়িত করা হল। এতে যে পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে হয় তা হল সোডিয়ামের বাষ্পায়ন-শক্তির (Heat of sublimation) সমান। মনে করা যাক, এই শক্তির পরিমাণ S কি. ক্যালোরি/মোল।

(ii) গ্যাসীয় Na পরমাণুকে গ্যাসীয় Na^+ আয়নে পরিবর্তিত করা হল। এতে Na-এর আয়নীকরণ-বিভবের সমান শক্তি ব্যয় করতে হয়। মনে করা যাক, এই শক্তি I কি. ক্যালোরি/মোল।

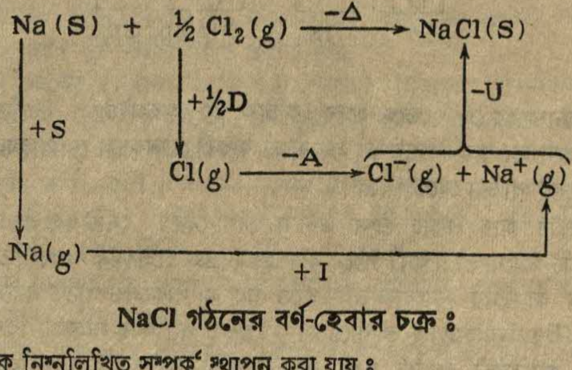
(iii) গ্যাসীয় ক্লোরিন অণুকে গ্যাসীয় পরমাণুতে বিয়োজিত করা হল। এতে যে শক্তি ব্যয় করতে হয় তার পরিমাণ হল $\frac{1}{2}D$ কি.ক্যালোরি/মোল, যেখানে D হল ক্লোরিন অণুর বিয়োজনীয় শক্তি, প্রতি ক্লোরিন পরমাণু পিছু বিয়োজনীয় শক্তির পরিমাণ হল $\frac{1}{2}D$।

(iv) গ্যাসীয় ক্লোরিন পরমাণুকে গ্যাসীয় ক্লোরাইড আয়নে পরিবর্তিত করা হল। এই প্রক্রিয়ায় ক্লোরিনের ইলেকট্রন-আসক্তির সমান শক্তি নির্গত হয়। এই পরিমাণ হল A কি.ক্যালোরি/মোল।

(v) গ্যাসীয় Na^+ আয়ন এবং গ্যাসীয় Cl^- আয়ন থেকে কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠন করা হল। এতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ল্যাটিস-শক্তির সমান শক্তি নির্গত হয়—এই পরিমাণ মনে করি U কি.ক্যালোরি/মোল।

শোষিত বা ব্যয়িত শক্তিকে পরা চিহ্ন দ্বারা এবং নির্গত শক্তিকে অপরা চিহ্ন দ্বারা সাধারণত নির্দেশ করা হয়।

উপরে আলোচিত বিষয়টিকে নীচের ছকের মত সাজিয়ে লেখা যায়। এই ছকে চক্রাকারে NaCl গঠনের বিষয়টি উপস্থাপিত। এই ধরনের চক্রকে বলে বর্ণ-হেবার চক্র (Born-Haber cycle)।



NaCl গঠনের বর্ণ-হেবার চক্র ঃ

এই চক্র থেকে নিম্নলিখিত সম্পর্ক স্থাপন করা যায় ঃ

$$-\Delta = +S + I + \tfrac{1}{2}D - A - U.$$

এই সম্পর্ক থেকে যে কোন পাঁচটির মান জানা থাকলে ষষ্ঠ রাশিটির মান নির্ণয় করা যেতে

পারে। যেমন, NaCl-এর ক্ষেত্রে ল্যাটিস-শক্তির মান নির্ণয় করা যেতে পারে S, I, D, A এবং Δ-এর মান থেকে :

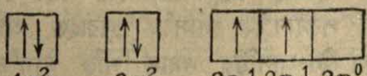
$$U = S + I + \frac{1}{2}D - A + \Delta$$
$$= 26 + 117{\cdot}9 + 28{\cdot}8 - 85{\cdot}8 + 98{\cdot}3$$
$$= 185{\cdot}2 \text{ কি. ক্যালোরি/মোল}$$

অর্থাৎ, সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠনে 185·2 কি. ক্যালোরি/মোল পরিমাণ শক্তি নির্গত হবে।

এইভাবে বর্ণ-হেবার চক্রের সাহায্যে অন্যান্য আয়নীয় যৌগের ল্যাটিস-শক্তিও নির্ণীত হতে পারে। ল্যাটিস-শক্তির মান উচ্চ হলে আয়নীয় যৌগ গঠন অনুকূল হবে। কাজেই আয়নীয় যৌগ গঠনের বিষয়টি বুঝবার পক্ষে বর্ণ-হেবার চক্র বিশেষভাবে সহায়ক।

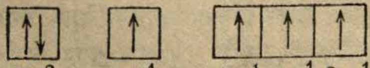
● পারমাণবিক অরবাইটালসমূহের সঙ্করায়ন (Hybridisation of atomic orbitals) :

সমযোজী বন্ধনী গঠন সম্পর্কিত আলোচনাকালে ইতিপূর্বে উল্লেখিত হয়েছে যে, কোন মৌলের পরমাণুতে জোটবদ্ধ নয় এমন (unpaired) ইলেকট্রনগুলিই কেবল সমযোজী বন্ধনী গঠনে অংশ নিতে পারে—অর্থাৎ এমন ধরনের ইলেকট্রনসমূহের মোট সংখ্যাই মৌলের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতার নির্দেশক। এখন, কার্বনের পরমাণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস হল নিম্নরূপ (ইলেকট্রন-গুলিকে তীরচিহ্ন দ্বারা বোঝানো হল এবং অরবাইটালগুলিকে বাক্স চিহ্ন দ্বারা বোঝানো হল) :



তাহলে, কার্বনের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা হওয়া উচিত 2। প্রকৃতপক্ষে কার্বনের অধিকাংশ যৌগেই কার্বনের সমযোজ্যতা 4। কিভাবে এটি সম্ভব ? বিষয়টিকে এইভাবে ব্যাখ্যা দেবার চেষ্টা করা যায় :

সামান্য শক্তি ব্যয়ে কার্বন পরমাণুর জোটবদ্ধ 2s ইলেকট্রনদ্বয়ের যে কোন একটিকে শূন্য একটি 2p অরবাইটালে উন্নীত করা সম্ভব। তাহলে কার্বন পরমাণুর 4টি ইলেকট্রন জোটহীন হবার ফলে 4টি সমযোজী বন্ধনী গঠন করতে সক্ষম হতে পারে।



(2s ইলেকট্রনদ্বয়ের জোট ভেঙ্গে এদের একটিকে 2p অরবাইটালে উন্নীত করতে যে শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন হবে তা চারটি সুস্থিত সমযোজী বন্ধনী গঠনকালে যে পরিমাণ রাসায়নিক শক্তি নির্গত হবে তা থেকেই পাওয়া যেতে পারে)।

কিন্তু দ্বিতীয় আর একটি প্রশ্ন এখানে দেখা দেয়। সেটি হল এভাবে কার্বনের অপর পরমাণুর সঙ্গে চারটি সমযোজী বন্ধনী গঠনে যদি একটি 2s ইলেকট্রন এবং তিনটি 2p ইলেকট্রন অংশ নেয় তাহলে কার্বনের সমযোজ্যতা 4 হতে বাধা না থাকলেও গঠিত সমযোজী বন্ধনীগুলির সবগুলিই সমতুল্য (Equivalent) হতে পারে না। প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে কিন্তু দেখা যায় যে, কার্বন যে চারটি সমযোজী বন্ধনী গঠন করে সেগুলি সমতুল্য (Equivalent)। দ্বিতীয় এই প্রশ্নটির মীমাংসা করতে যে ব্যাখ্যা দেওয়া হয় তা হল এই যে, কার্বনের একটি 2s অরবাইটাল এবং তিনটি p অরবাইটাল পরস্পরে মিশ্রিত হয়ে চারটি সমতুল্য সংকর অরবাইটাল (Hybrid orbitals)

গঠন করে। এই ধরনের ঘটনাকে বলা হয় পারমাণবিক অরবাইটালসমূহের সংকরায়ন (Hybridisation)। কার্বনের ক্ষেত্রে অরবাইটালসমূহের যে সংকরায়ন হয় তাকে বলে sp^3 সংকরায়ণ—কারণ একটি s এবং তিনটি p অরবাইটালের মিশ্রণের মাধ্যমে এই সংকরায়ন হয়ে থাকে। C-এর এই ধরনের চারটি অরবাইটালের সঙ্গে চারটি H পরমাণুর 1s অরবাইটালের মিলনের ফলে চারটি সমতুল্য সমযোজী বন্ধনী রচিত হয়। এই বন্ধনীগুলির মধ্যেকার কোণের মান হয় 109°28′। CH_4 অণুর জ্যামিতিক গঠনটি হয় চতুস্তলকীয়—C পরমাণুটিকে কেন্দ্রে রেখে চারটি sp^3 সংকর অরবাইটাল চতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে নির্দেশিত থাকে। (জৈব অংশের 22 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

পারমাণবিক অরবাইটালসমূহের বিভিন্ন ধরনের সংকরায়ণ হতে পারে। সংকরায়নের ধরনের উপর যে সমযোজী বন্ধনী গঠিত হবে তাদের দিক সম্পর্কিত ধর্মাবলী বা জ্যামিতিক অবস্থান নির্ভর করে। বোরনের ক্ষেত্রে সাধারণত sp^2 সংকরায়ণ হয়ে থাকে।

নীচের সারণীতে পারমাণবিক অরবাইটালসমূহের কয়েক ধরনের সংকরায়ণ এবং তার ফলে গঠিত অণুর জ্যামিতিক আকার কিরূপ হবে সেই বিষয়গুলি দেখানো হল ঃ

সারণী 3.2 ঃ

সংকরায়ণের ধরন	সমযোজী বন্ধনীর সংখ্যা	জ্যামিতিক আকার	বন্ধনীয় কোণ	উদাহরণ
sp	2	সরলরৈখিক	180°	$BeCl_2$
sp^2	3	সমতলীয় ত্রিভুজাকৃতি	120°	BCl_3
sp^3	4	চতুস্তলকীয়	109°28′	CH_4
dsp^2	4	সমতলীয় বর্গাকার	90°	$K_2[PtCl_4]$
d^2sp^3 বা sp^3d^2	6	অষ্টতলকীয়	90°	SF_6

অ্যামোনিয়ার গঠন সংকেতও চতুস্তলকীয় রূপে গণ্য করা চলে, তবে এক্ষেত্রে চারটি sp^3 সংকরায়িত অরবাইটালের তিনটি সমযোজী বন্ধনী গঠনে অংশ নেয়, চতুর্থ অরবাইটালে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় বর্তমান থাকে। অ্যামোনিয়ার গঠন অবশ্য পিরামিডের ন্যায়ও ধরা যেতে পারে।

অনুশীলনী

1. 'রাসায়নিক বন্ধনী' বলতে কি বোঝা যায়? রাসায়নিক বন্ধনী সাধারণত কত ধরনের হতে পারে? এই সব বন্ধনীর প্রকৃতি কিরূপ?
2. কোন মৌলের যোজ্যতা বলতে কি বোঝায়? যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্বটি সংক্ষেপে বিবৃত কর। এই তত্ত্ব অনুযায়ী মৌলসমূহের কয় ধরনের যোজ্যতা হতে পারে? কি কি?
3. তড়িৎ-যোজ্যতা এবং সমযোজ্যতা বলতে কি বোঝা যায়? নীচের যৌগগুলির মধ্যে কোন্ কোন্‌টি তড়িৎযোজী এবং কোন্ কোন্‌টি সমযোজী?
   (a) CH_4, (b) H_2O, (c) KCl, (d) Al_2O_3, (e) $SnCl_2$, (f) $SnCl_4$, (g) BF_3, (h) $SiCl_4$, (i) CO_2, (j) $CaCl_2$.
   উপরের যৌগগুলির উপাদান মৌলসমূহের প্রতিটির তড়িৎ-যোজ্যতা বা সমযোজ্যতা কত হবে বুঝিয়ে বল।
4. আয়নীয় যৌগ এবং সমযোজী যৌগের সরল ধর্মাবলীর একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।
5. কোঅর্ডিনেট সমযোজ্যতা (অসমযোজ্যতা) কাকে বলে? কোঅর্ডিনেট বন্ধনীকে অর্ধ-মেরুধর্মী বন্ধনী (semipolar bond) বলা হয় কেন এবং এই বন্ধনীকে বিশেষ ধরনের

সমযোজী বন্ধনীরূপে গণ্য করা হয় কেন? কোঅর্ডিনেট বন্ধনী গঠনের কয়েকটি উদাহরণ দাও।

6. যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী নীচের যৌগগুলির গঠন-সঙ্কেত এবং ইলেকট্রনীয় সঙ্কেত দাও। এই যৌগগুলিতে কি ধরনের বা কি কি ধরনের বন্ধনী বর্তমান সে সম্পর্কেও সংক্ষেপে আলোচনা কর:
   (a) NH_3, (b) NH_4Cl, (c) SO_2, (d) H_2SO_4, (e) $Cu(NH_3)_4SO_4$, (f) O_3, (g) H_2O_2.

7. **নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক, কোন্‌টি ভুল?**
   (a) সকল সমযোজী যৌগই অধ্রুবীয় বা অমেরুধর্মী (non-polar)।
   (b) আয়নীয় যৌগসমূহের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সাধারণত উচ্চ হয়।
   (c) কোন সমযোজী পদার্থই দ্রবীভূত বা গলিত কোন অবস্থাতেই তড়িৎ-বিশ্লেষ্য-রূপে ক্রিয়া করে না।
   (d) সকল সমযোজী পদার্থেরই গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক নিম্ন হয়।
   (e) আয়নীয় যৌগ সাধারণত মেরুধর্মী দ্রাবকে এবং সমযোজী পদার্থ সাধারণত অ-মেরুধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়।
   (f) আয়নীয় পদার্থসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া সাধারণত দ্রুত সংঘটিত হয় এবং সমযোজী পদার্থসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া তুলনামূলকভাবে ধীরগতিতে সম্পন্ন হয়।
   (g) আয়নীয় যৌগের আইসোমার হতে পারে কিন্তু সমযোজী যৌগের আইসোমার হতে পারে না।
   (h) সমযোজী পদার্থে অণুসমূহকে একত্রে ধরে রাখে যে বল সেটি অত্যন্ত শক্তিশালী প্রকৃতির।
   (i) পটাসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসে বিচ্ছিন্ন এবং স্বতন্ত্র পটাসিয়াম ক্লোরাইড অণু বর্তমান থাকে না।
   (j) সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ওজন 58·5।
   (k) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাঙ্কেতিক ওজন 58·5।
   (l) NH_3 বা H_2O অনেক পরমাণু বা আয়নের সঙ্গে কো-অর্ডিনেট বন্ধনী গঠন করতে পারে, কারণ N বা O-এ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় বর্তমান।
   (m) A এবং B বিভিন্ন মৌল হলে দ্বি-পরমাণুক AB অণুটি ধ্রুবীয় বা মেরুধর্মী (polar) হবে। (H. S. 1978)
   (n) কেবলমাত্র তড়িৎ-যোজী যৌগেরই তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব—সমযোজী যৌগের নয়। (H. S. 1978)
   (o) A এবং B দুটি মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 17 ও 20। A এবং B-এর মধ্যেকার বন্ধনী হবে সমযোজী-বন্ধনী।

8. **টীকা লেখ:**
   (a) অষ্টক সূত্র (b) মেরুধর্মিতা এবং দ্বি-মেরু (c) দ্বি-মেরু ভ্রামক এবং (d) হাইড্রোজেন-বন্ধনী।

9. নীচের পদার্থগুলির কোন্ কোন্‌টির দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য এবং কোন্ কোন্‌টির শূন্য নয়। উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও:
   (a) F_2, (b) CH_4, (c) CH_3Cl, (d) HF, (e) Br_2, (f) HBr.

10. নীচে কয়েকটি যৌগ-জোড় দেওয়া আছে। প্রতিটি জোড়ের প্রথম যৌগটির দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য. কিন্তু দ্বিতীয়টির এই মান শূন্য নয়। কারণ দেখাও:
   (a) CO_2 এবং SO_2; (b) CCl_4 এবং $CHCl_3$; (c) C_6H_6 এবং C_6H_5Cl; (d) Cl_2 এবং HCl.

11. HF অণুর দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান 2.00D. H—F এর বন্ধনী-দূরত্ব 0.92×10^{-8}

সে, মি,। এইসব তথ্য থেকে H—F বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (উঃ 45·29)

12. **কারণ নির্দেশ কর:**

(a) অক্সিজেন এবং সালফার পর্যায় সারণীতে একই গ্রুপভুক্ত মৌল হলেও অক্সেজেনের হাইড্রাইড জল সাধারণ তাপমাত্রায় তরল কিন্তু সালফারের হাইড্রাইড H_2S সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাস।

(b) H_2S-এর আণবিক ওজন H_2O-এর থেকে উচ্চতর হলেও H_2O-এর স্ফুটনাঙ্ক H_2S-এর থেকে অনেক উচ্চতর।

(c) H_2O_2-এর স্ফুটনাঙ্ক H_2O-এর স্ফুটনাঙ্ক থেকে অনেক উচ্চতর।

(d) HF-এর স্ফুটনাঙ্ক HCl, HBr এবং HI-এর তুলনায় অনেক উচ্চ।

(e) HCl সমযোজী যৌগ হলেও এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব।

(f) অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং অ্যালকোহল সমযোজী যৌগ হলেও মেরুধর্মী দ্রাবক জলে দ্রবীভূত হয়।

(g) NaCl জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়, কিন্তু বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয় না।

(h) আয়োডিন জলে স্বল্প-পরিমাণে দ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ট্রেট্রা-ক্লোরাইডে আয়োডিনের দ্রাব্যতা খুবই বেশী।

(i) আরগনের স্ফুটনাঙ্ক নিয়নের চেয়ে উচ্চতর।

(j) H—F বন্ধনীর শতকরা আয়নীয় প্রকৃতি H—Cl বন্ধনীর থেকে বেশী।

(k) HCl অণুর দ্বিমেরু — ভ্রামকের মান HBr অণুর ঐ মান থেকে বেশী।

(l) H_2O, HCl এবং NH_3-এর মধ্যে H_2O-এর স্ফুটনাঙ্ক সবচেয়ে বেশী এবং HCl-এর সবচেয়ে কম কেন? (I. I. T. 1977)

(**উত্তর-আভাষ:** অক্সিজেনের তড়িৎঋণাত্মকতা ক্লোরিন এবং নাইট্রোজেনের তুলনায় বেশী হওয়ায় হাইড্রোজেন বন্ধনীর শক্তি এবং ব্যাপকতা H_2O-এর ক্ষেত্রেই সবচেয়ে বেশী। অর্থাৎ জল অণুগুলি ব্যাপকভাবে হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে সম্মিলিত অবস্থায় থাকে। তাই প্রদত্ত তিনটি হাইড্রাইডের মধ্যে H_2O-এর স্ফুটনাঙ্ক সবচেয়ে বেশী।

নাইট্রোজেন এবং ক্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা মোটামুটি একই রূপ হলেও ক্লোরিন পরমাণুর আকার নাইট্রোজেনের তুলনায় বৃহত্তর হওয়ায় HCl-এ হাইড্রোজেন-বন্ধনীর শক্তি এবং ব্যাপকতা NH_3 অণুগুলির মধ্যেকার H-বন্ধনীর শক্তি এবং ব্যাপকতার তুলনায় কম। অর্থাৎ HCl অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করা NH_3 অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করা অপেক্ষা সহজসাধ্য। কাজেই HCl-এর স্ফুটনাঙ্ক NH_3 থেকে কম, H_2O থেকে তো কমই।)

(m) CO_2 অধ্রুবীয় (non-polar) কিন্তু N_2O ধ্রুবীয়, যদিও উভয় অণুর গঠনই সরলরৈখিক। (J. E. E. 1982)

13. তিনটি মৌল A, B এবং C-এর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 1, 11 এবং 17। এই তিনটি পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষে এবং উপকক্ষে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস কিরূপ হবে দেখাও। B এবং C যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে এবং A ও C যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে মৌলগুলি কি ধরনের যোজ্যতা দেখাবে বল। পর্যায় সারণীতে B এবং C-এর অবস্থান কোন্ কোন্ গ্রুপে হবে? (J. E. E. 1980)

14. নীচে বিভিন্ন ধরনের বন্ধনী সংক্ষিপ্ত চিত্ররূপের সাহায্যে দেখানো হয়েছে। ঐ চিত্ররূপ দেখে কোন্ ধরনের বন্ধনী বলতে পারবে কি? তোমার উত্তরের ব্যাখ্যা দাও:

(i) $\{Na\}^{+}\{:\ddot{\underset{..}{Cl}}:\}^{-}$; (ii) $\overset{\delta+}{H} : \overset{\delta-}{Cl}$; (iii) $:\ddot{\underset{..}{Cl}} : \ddot{\underset{..}{Cl}}:$; (iv) $[H_3N \rightarrow H]^{+}$

(v) F—H···F—H···F—H···

15. নীচের দুই ধরনের বন্ধনীর মধ্যে কোন্‌টির অধিকতর শক্তিশালী হবার সম্ভাবনা বল। উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাওঃ

(a) আয়নীয় বন্ধনী এবং ভ্যানডারওয়াল্‌স্‌ বল

(b) হাইড্রোজেন বন্ধনী এবং সমযোজী বন্ধনী

(c) সমযোজী বন্ধনী এবং আয়নীয় বন্ধনী

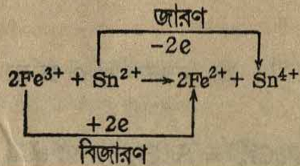
(d) আয়নীয় বন্ধনী এবং হাইড্রোজেন বন্ধনী

(e) ভ্যানডারওয়ালস্‌ বল এবং হাইড্রোজেন বন্ধনী

(f) সমযোজী বন্ধনী এবং ভ্যানডারওয়াল্‌স্‌ বল

16. সমযোজী পদার্থে বিভিন্ন অণুগুলিকে একত্রে ধরে রাখে কোন্‌ শক্তি? এই শক্তির উৎস কি?

আয়োডিনকে সাধারণ বায়ুচাপে বা অন্য কোন অবস্থায় তরলে পরিণত করা সম্ভব কি? (**উত্তর-আভাষ**—শেষাংশঃ সাধারণ বায়ুচাপে আয়োডিনকে উত্তপ্ত করলে আয়োডিন তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়, কারণ আয়োডিনের বাষ্পীয় চাপ খুবই বেশী এবং কোন পদার্থের বাষ্পীয় চাপ বায়ুচাপের সমান হলেই পদার্থটি ফুটতে শুরু করে অর্থাৎ বাষ্পে পরিণত হয়। তবে বহিস্থ চাপ (external pressure) যদি বাড়িয়ে দেওয়া যায় এমনভাবে যাতে আয়োডিনের বাষ্পীয় চাপ বহিস্থ বায়ুচাপ থেকে কম থাকে তাহলে আয়োডিনকে উত্তাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত করা সম্ভব। একটি পরীক্ষা নলে সামান্য আয়োডিন নিয়ে পরীক্ষা নলের মুখটি গলিয়ে বন্ধ করে দিয়ে (সীল করে দিলে) ঐ মুখ-বন্ধ পরীক্ষা নলটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে আয়োডিন তরলে পরিণত হবে।)



জারণ-বিজারণ [OXIDATION-REDUCTION] 4

Syllabus : Oxidation and Reduction—Oxidation number concept and electronic concept. Balancing redox reactions by oxidation number method. Electropotential series of metals and its applications.

4.1 সূচনা (Introduction)

জারণ-বিজারণ সম্পর্কে অতি প্রাচীনকাল থেকেই ধারণা প্রচলিত ছিল—পরমাণুর গঠন সম্পর্কে ধারণা জন্মাবার বহু পূর্ব থেকেই। রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের বিরাট একটি অংশ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার এক্তিয়ারভুক্ত বলে গণ্য হতে পারে। বিশেষ করে বৈশ্লেষিক রসায়নে যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়ে থাকে তার প্রায় 90 শতাংশেরও বেশী হল জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া। প্রকৃতপক্ষে, যদিও আমরা সাধারণ ভাবে জানি যে রাসায়নিক বিক্রিয়া বহুবিধ হতে পারে, যথা ঃ

বিযোজন (decomposition), সংযোজন (addition), প্রতিস্থাপন (substitution), সাথী-বিনিময় বিক্রিয়া (metathesis or double decomposition), জারণ-বিজারণ ইত্যাদি কত কিছুই না—কয়েকজন বিশিষ্ট বিজ্ঞানীর মতে (Ludar & Zuffanti) কিন্তু সমগ্র রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহকে মাত্র তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করা চলে। যথা,

(1) অম্ল-ক্ষারক বিক্রিয়া (Acid-Base reactions)
(2) জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Oxidation-Reduction reactions) এবং
(3) মুক্ত-মূলক বিক্রিয়া (Free-radical reactions)।

অনেকের মতে আবার মুক্ত-মূলক বিক্রিয়াসমূহকেও জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার অন্তর্গত রূপে গণ্য করা চলে—সেক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহকে প্রথম দুটি শ্রেণীতেই ভাগ করা যায়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার এই শ্রেণীবিভাগের বিষয়টি যদিও বিক্রিয়ার কৌশল তত্ত্ব সম্পর্কিত উচ্চতর স্তরের আলোচনার বিষয়বস্তু এবং খানিকটা বিতর্কিতও বটে, তবুও এ কথা বুঝতে কোন অসুবিধা হয় না যে যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের একটি সুবিশাল অংশ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া শ্রেণীভুক্ত, কাজেই জারণ-বিজারণ বিষয়টি যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ এবং এই ধরনের বিক্রিয়া সম্পর্কে সম্যক জানবার প্রয়োজন যথেষ্ট। জারণ-বিজারণ সম্পর্কে তাই কিছুটা বিস্তারিত ভাবেই আলোচনা করা হল।

4.2 জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত প্রাচীন ধারণা (Old concept of oxidation and reduction)

একেবারে প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী কোন পদার্থে রাসায়নিকভাবে অক্সিজেন যুক্ত হলে তাকে বলা হত জারণ এবং পদার্থ থেকে অক্সিজেন বিযুক্ত হলে তাকে বলা হত বিজারণ। পরবর্তী কালে এই ধারণাকে খানিকটা পরিবর্ধিত করে জারণ-বিজারণের সংজ্ঞা দেওয়া হয় নিম্নরূপে ঃ

জারণ (Oxidation) ঃ যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (ক) কোন পদার্থে অক্সিজেন যুক্ত হয়, (খ) পদার্থ থেকে হাইড্রোজেন বিযুক্ত হয়, (গ) পদার্থে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা এদের আনুপাতিক পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, অথবা (ঘ) তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক বিযুক্ত হয় বা এদের আনুপাতিক পরিমাণ হ্রাস পায়, তাকে জারণ-ক্রিয়া বলা হয়। যেমন,

(ক) **অক্সিজেন-সংযোজন ঃ** $2Mg + O_2 = 2MgO$; ধাতব ম্যাগনেসিয়ামকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়ালে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে Mg জারিত হয় MgO-তে।

(খ) **হাইড্রোজেন-বিযুক্তি :** $H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$; ক্লোরিন-জলে H_2S চালিত হলে, H_2S সালফারে জারিত হয়।

(গ) **তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সংযুক্তি :** $SnCl_2 + 2FeCl_3 = SnCl_4 + 2FeCl_2$ উত্তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে স্ট্যানাস ক্লোরাইড এবং ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত হয়, কারণ $SnCl_2$-তে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিনের সংযুক্তি ঘটে।

(ঘ) **তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের বিযুক্তি :** $2KI + H_2O_2 = I_2 + 2KOH$; পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করলে পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে জারিত হয়, কারণ পটাসিয়াম আয়োডাইড থেকে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল পটাসিয়াম বিযুক্ত হয়।

বিজারণ (Reduction) : বিজারণ-ক্রিয়া জারণ-ক্রিয়ার ঠিক বিপরীত। অর্থাৎ, যে **রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় (ক) কোন পদার্থ থেকে অক্সিজেন বিযুক্ত হয়, (খ) পদার্থে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়, গ) তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক বিযুক্ত হয় বা এদের আনুপাতিক পরিমাণ হ্রাস পায়, অথবা (ঘ) তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা এদের আনুপাতিক পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তাকে বলে বিজারণ।** যেমন,

(ক) **অক্সিজেন-বিযুক্তি :** $CuO + H_2 = Cu + H_2O$, **উত্তপ্ত** কিউপ্রিক **অক্সাইডে** হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করলে কিউপ্রিক অক্সাইড কপারে পরিবর্তিত হয়। এটি CuO-এর বিজারণ, কারণ CuO থেকে অক্সিজেন বিযুক্ত হয়েছে।

(খ) **হাইড্রোজেন-সংযোজন :** $Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$, ক্লোরিন জলে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করলে ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। এটি ক্লোরিনের বিজারণ, কারণ ক্লোরিনে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে।

(গ) **তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলকের বিযুক্তি বা আনুপাতিক পরিমাণ হ্রাস :** $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$, এখানে ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয়েছে ফেরাস ক্লোরাইডে, যেহেতু তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিনের আনুপাতিক পরিমাণ হ্রাস পেয়েছে।

(ঘ) **তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলকের সংযোজন বা আনুপাতিক পরিমাণ বৃদ্ধি :** $2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$, এটি মারকিউরিক ক্লোরাইডের বিজারণ, কারণ মারকিউরাস ক্লোরাইডে মারকিউরিক ক্লোরাইডের তুলনায় তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল মারকারির আনুপাতিক পরিমাণ বেশী।

(একটি বিষয় মনে রাখা প্রয়োজন। তা হল : জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত উদাহরণে কোন্ নমুনাটি জারিত হচ্ছে বা কোন্‌টি বিজারিত হচ্ছে তা নির্দিষ্টভাবে উল্লেখ না করলে উদাহরণ দেওয়া অর্থহীন। যেমন, বিজারণের উদাহরণ হিসাবে যদি কেবল উপরের বিক্রিয়া $CuO + H_2 = Cu + H_2O$ দেখানো হয় তাহলে কিছুই বোধগম্য হবে না। অর্থাৎ এখানে CuO যে Cu-তে বিজারিত হচ্ছে সেটি সুস্পষ্টরূপে উল্লেখ করতে হবে)।

4.3 জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত আধুনিক মতবাদ (Modern concept of oxidation and reduction) :

পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন সম্পর্কে ধারণা যখন পরিষ্কার হল তখন এটি বোধগম্য হল যে পরমাণুসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়ায় অংশ নেয় এদের কিছু ইলেকট্রন। জারণ-বিজারণও যেহেতু এক ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়া বৈ নয়, সুতরাং স্বাভাবিকভাবেই এই সিদ্ধান্তে উপনীত হতে হয় যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াতেও বিক্রিয়াশীল পদার্থের ইলেকট্রনগুলি অংশ নেয়। এই ধারণার ভিত্তিতেই গড়ে উঠেছে জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত আধুনিক মতবাদ—ইলেকট্রনীয় মতবাদ। এই মতবাদ অনুযায়ী—

যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন অণু*, পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাকে বলে জারণ।

অপরপক্ষে, যে বিক্রিয়ায় কোন অণু*, পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তাকে বলে বিজারণ।

অর্থাৎ, সংক্ষেপে : জারণের অর্থ ইলেকট্রন ত্যাগ
বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ

জারণ-বিজারণের এই ইলেকট্রনীয় মতবাদ আয়নীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এবং **সাধারণত** দ্রবণে যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে, সেইসব ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। তবে আয়নীয় বা তড়িৎ-যোজী যৌগের ক্ষেত্রে কঠিন অবস্থাতেও ঐ সংজ্ঞা প্রযোজ্য হবে।

উদাহরণ : ক্লোরিন গ্যাস-প্রবাহে সোডিয়াম ধাতু উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম ক্লোরাইড (কঠিন) উৎপন্ন হয় : $2Na + Cl_2 = 2NaCl$

এক্ষেত্রে সোডিয়াম জারিত হয়েছে, কারণ প্রতিটি Na পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন ত্যাগ করে এক একক পরা-চার্জবাহী সোডিয়াম আয়নে (Na^+) পরিবর্তিত হয়েছে :

$$2Na - 2e = 2Na^+$$

অপরপক্ষে, ক্লোরিন হয়েছে বিজারিত, কারণ প্রতিটি ক্লোরিন পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন গ্রহণ করে এক একক অপরা চার্জবাহী ক্লোরাইড আয়নে (Cl^-) পরিণত হয়েছে :

$$2Cl + 2e = 2Cl^- ।$$

4.4 জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত প্রাচীন ধারণা এবং আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ (Old concept and modern electronic concept of oxidation & reduction)

একটু বিশ্লেষণ করলে একটি বিষয় সহজেই বুঝতে পারা যায়—জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত প্রাক্তন ধারণা এবং আধুনিক ইলেকট্রনীয় ধারণা পুরোপুরি পরস্পর-বিরোধী নয়, বরং অনেক ক্ষেত্রেই উভয় মতবাদের মধ্যে যথেষ্ট মিল বর্তমান। আগেই উল্লেখিত হয়েছে যে ইলেকট্রনীয় মতবাদ আয়নীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। এখন, অধিকাংশ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াই ঘটে থাকে দ্রবণে এবং দ্রবণে বিকারক পদার্থগুলি আয়নে বিয়োজিত হয়, ঐ আয়নগুলিই জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় অংশ নেয়। সুতরাং প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী যে রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ জারণ-বিজারণ রূপে গণ্য হয়ে থাকে সেগুলির অধিকাংশই ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকেও জারণ-বিজারণ রূপেই পরিগণিত হতে পারে। কয়েকটি উদাহরণ নিয়ে আলোচনা করলে বিষয়টি স্বচ্ছ হবে :

---

* এখানে একটি বিষয় উল্লেখ্য : অনেক সময় জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী সংজ্ঞা থেকে অণুকে বাদ দেওয়া হয়। এটি কিন্তু সঠিক নয়, কারণ—

(i) অনেক অণুই এক-পরমাণুক। সেক্ষেত্রে অণু এবং পরমাণুর মধ্যে কোন প্রভেদ নেই। কাজেই অণুকে বাদ রাখার কোন যুক্তি নেই।

(ii) যদিও সাধারণভাবে বলা হয়ে থাকে অজৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া হল পারমাণবিক বিক্রিয়া, বিক্রিয়া কৌশল (Reaction mechanism) সম্পর্কিত উচ্চতর গবেষণা থেকে প্রমাণিত হয়েছে যে কিছু কিছু ক্ষেত্রে দ্বি-পরমাণুক অণুও (যেমন O_2) অণু রূপেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে—পরমাণু রূপে নয় ($O_2+2e \rightarrow 2O^{2-}$)। কাজেই জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা দেবার কালে অণুকে বাদ দেবার যুক্তি নেই। অনেক ক্ষেত্রে, অণু থেকে পরমাণু পেতে যে প্রচুর পরিমাণ শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন হয়, পারমাণবিক স্তরে বিক্রিয়া ঘটাবার পক্ষে তা আদৌ অনুকূল নয়, সেক্ষেত্রে অণুরই সরাসরি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ নেবার সম্ভাবনা। প্রকৃতপক্ষে নির্ভরযোগ্য বিদেশী পুস্তকে কিন্তু জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞাতে অণুকেও অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে (যেমন, Vogel-এর Macro and Semi-micro qualitative Analysis)।

(1) জলীয় দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইড ক্লোরিন গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করেঃ $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$. সাধারণ সংজ্ঞা অনুযায়ী এই বিক্রিয়া **ফেরাস ক্লোরাইডের** জারণ এবং **ক্লোরিনের** বিজারণ, কারণ ফেরাস ক্লোরাইডে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন যুক্ত হয়েছে এবং ক্লোরিনে যুক্ত হয়েছে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল আয়রন। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ীও এই বিক্রিয়াটি অবশ্যই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া, তবে এই মতবাদ অনুযায়ী এখানে জারিত হচ্ছে **ফেরাস আয়ন** এবং বিজারিত হচ্ছে **ক্লোরিন**। কিভাবে এটি হচ্ছে ?

জলীয় দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইড ফেরাস আয়ন (Fe^{2+}) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) দেয়। ফেরাস আয়ন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরিক আয়নে পরিবর্তিত হয় এবং ক্লোরিন পরিবর্তিত হয় ক্লোরাইড আয়নেঃ

$$2FeCl_2 \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + 4Cl^- \; ; \; 2Fe^{2+} + Cl_2 = 2Fe^{3+} + 2Cl^-$$

এক্ষেত্রে, ফেরাস আয়ন ইলেকট্রন ত্যাগ করে, সুতরাং Fe^{2+} জারিত হয়ঃ

$$2Fe^{2+} - 2e = 2Fe^{3+}$$

অপরপক্ষে, ক্লোরিন ইলেকট্রন গ্রহণ করে, সুতরাং এটি বিজারিত হয়ঃ

$$(Cl_2 \rightarrow 2Cl) \qquad 2Cl + 2e = 2Cl^-$$

তাহলে, এখানে জারক দ্রব্য Cl_2 এবং বিজারক দ্রব্য ফেরাস আয়ন। ফেরাস আয়নের পরিত্যক্ত ইলেকট্রন ক্লোরিন গ্রহণ করে।

(2) ম্যাগনেসিয়াম বায়ুতে (বা অক্সিজেনে) পোড়ালে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণ সংজ্ঞা অনুসারে এটি Mg-এর জারণ-ক্রিয়া এইজন্য যে Mg-এর সঙ্গে অক্সিজেন যুক্ত হয়েছে। আবার এটি অক্সিজেনের বিজারণ এইজন্য যে অক্সিজেনে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল Mg যুক্ত হয়েছে। ইলেকট্রনীয় মতেও এটিকে ম্যাগনেসিয়ামের জারণ-ক্রিয়া বলা হয় ভিন্নতর কারণে। সে কারণটি হচ্ছে এই যে এক্ষেত্রে Mg পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে ম্যাগনেসিয়াম ক্যাটায়নে পরিবর্তিত হয় এবং অক্সিজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করে অক্সাইড অ্যানায়ন গঠন করে, সুতরাং অক্সিজেন এখানে বিজারিত হয়ঃ

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \; 2Mg - 4e = 2Mg^{2+}, \; O_2 + 4e = 2O^{2-}$$

$$2Mg^{2+} + 2O^{2-} = 2MgO$$

(3) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন যোগ করলে আয়োডিন উৎপন্ন হয়ঃ

$$2KI + Br_2 = I_2 + 2KBr$$

সাধারণ মতবাদ অনুযায়ী এই বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডিনে জারিত হচ্ছে, কারণ KI থেকে K বিযুক্ত হচ্ছে। অপরপক্ষে, ব্রোমিন বিজারিত হচ্ছে—কারণ ব্রোমিনে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল K-এর সংযোজন ঘটছে।

আয়নীয়ভাবে বিক্রিয়াটিকে এইভাবে লেখা যায়ঃ $2I^- + Br_2 = I_2 + 2Br^-$ আয়োডাইড আয়ন থেকে ইলেকট্রন বর্জিত হওয়ায় আয়োডাইড আয়নের জারণ এবং ব্রোমিনে ইলেকট্রন যুক্ত হওয়ায় ব্রোমিনের বিজারণ হচ্ছেঃ

$$2I^- - 2e = I_2 \; ; \; (Br_2 \rightarrow 2Br) \qquad 2Br + 2e = 2Br^-$$

এই ধরনের অজস্র উদাহরণ নেওয়া যায়। যে সব উদাহরণ নিয়ে আলোচনা করা হল সেগুলি থেকে বোঝা যাচ্ছে জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত সাধারণ মতবাদ এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদের মধ্যে অনেক ক্ষেত্রেই সাদৃশ্য বর্তমান, তবে একই বিক্রিয়াকে দুটি মতবাদ ভিন্নতর দৃষ্টিভঙ্গিতে বিচার করে।

কয়েকটি ক্ষেত্রে অবশ্য সাধারণ মতবাদ এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদ সম্পূর্ণ বিপরীত হতে পারে। যেমন,

(1) **সাধারণ সংজ্ঞা** অনুযায়ী কোন পদার্থে রাসায়নিকভাবে হাইড্রোজেন যুক্ত হলে বিক্রিয়াটিকে **বিজারণ** বলা হয়। যেমন, হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে সোডিয়াম ধাতু উত্তপ্ত করলে

সোডিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে, যেহেতু সোডিয়ামের সঙ্গে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে, সুতরাং সাধারণ সংজ্ঞা অনুযায়ী পদ্ধতিটিকে সোডিয়ামের বিজারণ-ক্রিয়াই বলতে হবে।

ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী এটি কিন্তু **সোডিয়ামের জারণ-ক্রিয়া**—বিজারণ-ক্রিয়া নয়। কারণ, এক্ষেত্রে সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে সোডিয়াম আয়ন গঠন করে এবং হাইড্রোজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রাইড আয়ন গঠন করে :

$$2Na + H_2 = 2NaH, \qquad 2Na - 2e = 2Na^+,$$
$$H_2 + 2e = 2H^-, \qquad 2Na^+ + 2H^- = 2NaH$$

অন্যান্য উচ্চ তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের (যথা Li, K, Ca ইত্যাদির) হাইড্রাইড যৌগ গঠনের ক্ষেত্রেও একই কথা প্রযোজ্য।

(2) আবার, অক্সিজেনের সংযোজন হলেই যে সেটি জারণ-ক্রিয়া হবেই ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব এমন কথা অস্বীকার করে। যেমন ফ্লুওরিনের সঙ্গে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ বা কস্টিক পটাস দ্রবণের বিক্রিয়ায় ফ্লুওরিন মনোক্সাইড গঠিত হয়, এক্ষেত্রে ফ্লুওরিনে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল অক্সিজেন যুক্ত হয়েছে, সুতরাং সাধারণ মতবাদ অনুযায়ী এটি ফ্লুওরিনের জারণ। কিন্তু আধুনিক মতবাদ অনুযায়ী (বলা যায় পরিবর্ধিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী) এটি ফ্লুওরিনের বিজারণ-ক্রিয়া, জারণ-ক্রিয়া নয়। এটি ফ্লুওরিনের বিজারণ এইজন্য যে ফ্লুওরিনের **জারণ-সংখ্যা** 0 থেকে হ্রাস পেয়ে ফ্লুওরিন মনোক্সাইডে (F_2O) -1 হয়েছে, জারণ-সংখ্যা হ্রাস পেলে পদার্থের বিজারণ-ক্রিয়া হয় (পরবর্তী আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন : 4.1 জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত অতি প্রাচীন সংজ্ঞাটি বিবৃত কর।

4.2 জারণ-বিজারণ সম্পর্কে পরিবর্ধিত প্রাচীন সংজ্ঞা বিবৃত কর।

4.3 কোন নমুনায় পৃথক পৃথক ভাবে অক্সিজেন সংযুক্ত হলে এবং ক্লোরিন সংযুক্ত হলে দুটি ক্ষেত্রেই বিক্রিয়া কি একই ধরনের? বক্তব্যের সপক্ষে কোন যুক্তি দিতে পারবে কি?

4.4 কোন নমুনায় হাইড্রোজেন যুক্ত হল। অপর একটি বিক্রিয়ায় ঐ নমুনায় সোডিয়াম বা অপর কোন ধাতু যুক্ত হল। এই বিক্রিয়া দুটি কি একই ধরনের বিক্রিয়া?

4.5 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক এবং কোন্‌টি সঠিক নয়?

(a) জারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ।
(b) বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন বর্জন।
(c) জারণের অর্থ ইলেকট্রন বর্জন।
(d) বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ।

4.6 যে তথ্যটি ভুল সেটি কেটে দাও :

(a) জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ আয়নীয় যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য / প্রযোজ্য নয়।
(b) জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ সমযোজী যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য / প্রযোজ্য নয়।
(c) জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত প্রাচীন ধারণা এবং আধুনিক ইলেকট্রনীয় ধারণার মধ্যে একেবারেই সাদৃশ্য নেই / অনেক ক্ষেত্রেই সাদৃশ্য আছে।

4.7 জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত আধুনিক ধারণা অনুযায়ী—

(a) হাইড্রোজেন সংযোগ হলেই কি সব ক্ষেত্রেই বিজারণ হবে?
(b) অক্সিজেন সংযোগ হলেই কি সব ক্ষেত্রেই জারণ হবে?

4.8 জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ কঠিন অবস্থায় উৎপন্ন যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য এমন একটি উদাহরণ দাও।

4.9 (a) তড়িৎ-যোজ্যতার মাধ্যমে যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা কি প্রযোজ্য ?

(b) সমযোজ্যতার মাধ্যমে যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা প্রযোজ্য কি ?

4.10 $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$; সাধারণ মতবাদ অনুযায়ী এটি একটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া। যদি জারণের উদাহরণ হিসাবে বিক্রিয়াটি লেখা যায় তবে কেবল বিক্রিয়ার সমীকরণ দিলেই কি যথেষ্ট হবে ?

4.5 জারণ-বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ একসঙ্গেই ঘটে থাকে
(Oxidation and Reduction take place simultaneously)

জারণ-ক্রিয়া এবং বিজারণ-ক্রিয়া পরস্পরের পরিপূরক, এই দুটি ক্রিয়া একসঙ্গেই ঘটে থাকে। কোন বস্তু জারিত বা বিজারিত হলে অপর কোন বস্তু যথাক্রমে বিজারিত বা জারিত হবেই। পূর্ববর্তী আলোচনায় জারণ-বিজারণের যে উদাহরণগুলি দেওয়া হয়েছে, তার যে কোনটি নিয়ে আলোচনা করলেই বিষয়টি স্বচ্ছ হবে।

উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করলে কিউপ্রিক অক্সাইড **বিজারিত** হয়ে ধাতব কপারে পরিণত হয়। একই সঙ্গে কিন্তু হাইড্রোজেনের **জারণ**-ক্রিয়া ঘটছে, কারণ হাইড্রোজেনে অক্সিজেন যুক্ত হয়ে জল উৎপন্ন হচ্ছে ঃ

(অক্সিজেন বিযুক্তি)
বিজারণ

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

জারণ
(অক্সিজেন-সংযোজন)

অনুরূপভাবে, $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$. এই বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড **বিজারিত** হচ্ছে ফেরাস ক্লোরাইডে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গেই স্ট্যানাস ক্লোরাইড **জারিত** হচ্ছে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে ঃ

বিজারণ

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

জারণ

এইভাবে, জারণ-বিজারণের যে কোন উদাহরণ নিয়ে দেখানো যায় যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া একসঙ্গেই ঘটে থাকে।

ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ীও জারণ-বিজারণ ক্রিয়া অবশ্যই একসঙ্গে ঘটবে। কারণ, কোন বস্তুকে **বিজারিত** হতে গেলে এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করতে হবে, এই ইলেকট্রন আসবে অপর কোন বস্তু থেকে, যে বস্তুটি থেকে ইলেকট্রন আসবে সেটি হবে **জারিত**। বিপরীতভাবে বলা যায়, কোন বস্তু **জারিত** হলে সেটি এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করবে, এই ইলেকট্রন গ্রহণ করার জন্য দ্বিতীয় কোন বস্তুকে অবশ্যই থাকতে হবে—দ্বিতীয় বস্তুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করার ফলে হবে **বিজারিত**। এবং প্রতিটি ক্ষেত্রেই **বর্জিত ইলেকট্রন-সংখ্যা = গৃহীত ইলেকট্রন-সংখ্যা**। যেমন,

ফেরিক আয়ন, Fe^{3+} এবং স্ট্যানাস আয়ন Sn^{2+} এর বিক্রিয়ায় একটি স্ট্যানাস আয়ন 2টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে স্ট্যানিক আয়নে (Sn^{4+}) পরিবর্তিত হয়। 2টি ফেরিক আয়ন (Fe^{3+}) স্ট্যানাস আয়নের পরিত্যক্ত ইলেকট্রন দুটি গ্রহণ করে দুটি ফেরাস আয়নে পরিবর্তিত হয়। তাহলে, স্ট্যানাস আয়ন **জারিত** হয়েছে, কিন্তু একই সঙ্গে **বিজারিত** হয়েছে ফেরিক আয়ন ঃ

বিজারণ (+2e)

$$2Fe^{3+} + Sn^{2+} = 2Fe^{2+} + Sn^{4+}$$

(−2e) জারণ

$$2Fe^{3+} + 2e = 2Fe^{2+}$$
$$Sn^{2+} - 2e = Sn^{4+}$$
$$2Fe^{3+} + Sn^{2+} = 2Fe^{2+} + Sn^{4+}$$

4.6 জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য (Oxidising and Reducing agents)

যে বস্তু রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে অপরকে জারিত করে, অর্থাৎ নিজে বিজারিত হয় তাকে বলে জারক দ্রব্য। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী, জারক দ্রব্য ইলেকট্রন গ্রহণ করে। বিক্রিয়াকালে, জারক দ্রব্যের জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায়।

CuO এবং H_2-এর বিক্রিয়াটিতে জারক দ্রব্য CuO, কারণ এটি হাইড্রোজেনকে জলে **জারিত করছে** এবং সঙ্গে সঙ্গে নিজে **বিজারিত হচ্ছে** ধাতব কপারে।

ফেরিক আয়ন এবং স্ট্যানাস আয়নের বিক্রিয়ায় জারক দ্রব্য ফেরিক আয়ন—কারণ এটি স্ট্যানাস আয়ন থেকে **ইলেকট্রন গ্রহণ করে**, ফলে বিজারিত হয় ফেরাস আয়নে এবং স্ট্যানাস আয়নকে স্ট্যানিক আয়নে **জারিত করে**।

অপরপক্ষে, রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে যে বস্তু অপর কোন বস্তুকে বিজারিত করে নিজে জারিত হয়, অথবা ইলেকট্রন ত্যাগ করতে পারে তাকে বলে বিজারক দ্রব্য। বিক্রিয়ার ফলে বিজারক দ্রব্যের **জারণ-সংখ্যা** বৃদ্ধি পায়।

CuO এবং H_2-এর বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য H_2, কারণ H_2, CuO-কে **বিজারিত করছে** কপারে এবং নিজে **জারিত হচ্ছে** জলে।

Sn^{2+} এবং Fe^{3+} এর বিক্রিয়ায় Sn^{2+} আয়ন বিজারক দ্রব্য, কারণ এটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে Sn^{4+} এ **জারিত হয়** এবং Fe^{3+} কে Fe^{2+} এ **বিজারিত করে**।

বিজারক দ্রব্য থেকে জারক দ্রব্যে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়। সচরাচর ব্যবহৃত কয়েকটি জারক-দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের নাম নীচে দেওয়া হল ঃ

জারক দ্রব্য ঃ অক্সিজেন O_2, ওজোন O_3, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড H_2O_2, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড HNO_3, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $KMnO_4$, পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট $K_2Cr_2O_7$, হ্যালোজেন মৌল F_2, Cl_2, Br_2, I_2, সোডিয়াম পারঅক্সাইড Na_2O_2 ইত্যাদি।

বিজারক দ্রব্য ঃ হাইড্রোজেন H_2, কার্বন C, কার্বন মনোক্সাইড CO, হাইড্রোজেন সালফাইড H_2S, সালফার ডাই-অক্সাইড SO_2, স্ট্যানাস ক্লোরাইড $SnCl_2$, উচ্চ পজিটিভ তড়িৎ-ধর্মী ধাতু যেমন, লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, জিংক ইত্যাদি।

একটি বিষয় মনে রাখা একান্ত প্রয়োজন—**একই দ্রব্য একটি বিক্রিয়ায় জারক এবং অপর কোন বিক্রিয়ায় বিজারক দ্রব্য হিসাবে কাজ করতে পারে।**

যেমন, অম্লায়িত দ্রবণে ফেরাস লবণ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্বারা ফেরিক লবণে জারিত হয়—**H_2O_2 এখানে জারক-দ্রব্য।**

$$2FeCl_2 + 2HCl + H_2O_2 = 2FeCl_3 + 2H_2O.$$

আবার, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করে। H_2O_2 তাহলে এক্ষেত্রে **বিজারক দ্রব্য** ঃ

$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

দুটি বস্তু যখন পরস্পরের সঙ্গে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া করে তখন কোন্ বস্তুটি জারক এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য হিসাবে ক্রিয়া করবে সেটি নির্ভর করবে তাদের বিজারিত হওয়া বা জারিত হবার তুলনামূলক প্রবণতার উপর। বিজারিত হবার প্রবণতা যার তুলনামূলকভাবে বেশী (**সাধারণত** ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা তুলনামূলকভাবে বেশী) সেটিই হবে জারক দ্রব্য এবং এই প্রবণতা তুলনামূলকভাবে যার কম সেটিই হবে বিজারক দ্রব্য।

H_2O_2-এর ন্যায় SO_2-ও জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য উভয়রূপেই ক্রিয়া করতে পারে (প্রথম খণ্ড দ্রষ্টব্য)। আবার অনেকক্ষেত্রে একই বস্তু একই বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে আংশিকভাবে জারিত এবং আংশিকভাবে বিজারিত হতে পারে। যেমন, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে এটি ভেঙ্গে যায় এইভাবে ঃ $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

এক্ষেত্রে H_2O_2-এর অক্সিজেন অর্ধপরিমাণে বিজারিত হয়েছে O^{2-} আয়নে এবং অর্ধপরিমাণে জারিত হয়েছে মুক্ত অক্সিজেনে। [মনে রাখতে হবে H_2O_2-তে অক্সিজেনের **জারণ-সংখ্যা** -1, H_2O-তে -2 এবং O_2-তে 0, জারণ সংখ্যা হ্রাস-এর অর্থ বিজারণ এবং জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধির অর্থ জারণ]।

এই ধরনের বিক্রিয়াকে **স্বতঃ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া (Auto oxidation-reduction)** বলে।

প্রশ্ন ঃ 4.11 নীচের তিনটি বিবৃতির মধ্যে কোন্‌টি সত্য ?

(a) জারণ-বিজারণ ক্রিয়া কখনও কখনও একসঙ্গে ঘটে থাকে।

(b) জারণ-বিজারণ সর্বদাই একত্রে ঘটে থাকে।

(c) জারণ-বিজারণ একসঙ্গেই যে ঘটবে এমন কোন কথা নেই ?

4.12 পটাসিয়াম ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন জল যোগ করলে ব্রোমাইড জারিত হয় ব্রোমিনে। এক্ষেত্রে কোন বিজারণ ঘটে কি ? ঘটলে কোন্‌টি বিজারিত হয় ?

4.13 নীচে কয়েকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হল। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী প্রতিটি বিক্রিয়ায় (i) কোন্‌টি জারিত এবং কোন্‌টি বিজারিত হয় এবং (ii) কোন্‌টি জারক দ্রব্য এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য বল ঃ

(a) $2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$

(b) $H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$

(c) $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

(d) $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$

(e) $2KI + H_2O_2 = I_2 + 2KOH$

4.14 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সত্য, কোন্‌টি মিথ্যা ?

(a) জারক দ্রব্য নিজে জারিত হয়।

(b) জারক দ্রব্য অপরকে জারিত করে।

(c) বিজারক দ্রব্য নিজে বিজারিত হয়।

(d) বিজারক দ্রব্য অপরকে বিজারিত করে।

(e) একই পদার্থ একটি বিক্রিয়ায় জারক এবং অপর কোন বিক্রিয়ায় বিজারক রূপে ক্রিয়া করতে পারে।

4.15 (a) সাধারণভাবে জারক দ্রব্য রূপে কাজ করে এমন কয়েকটি পদার্থের নাম কর।

(b) সাধারণভাবে বিজারক দ্রব্য রূপে কাজ করে এমন কয়েকটি পদার্থের নাম কর।

(c) জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য উভয় রূপেই কাজ করতে পারে এমন দু-একটি পদার্থের নাম কর।

4.16 (a) $2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$

(b) $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$

উপরের দুটি বিক্রিয়াতেই SO_2 কি (i) জারক দ্রব্য (ii) বিজারক দ্রব্য ? না কি উপরের একটি বিক্রিয়ায় SO_2 জারক, অপর বিক্রিয়ায় বিজারক ?

4.17 একই পদার্থ আংশিক জারিত হচ্ছে এবং অংশত বিজারিত হচ্ছে এমন উদাহরণ জানা আছে কি ?

4.7 জারণ-সংখ্যা (Oxidation number)

(জারণ-সংখ্যা সম্পর্কে এই পুস্তকের প্রথম খন্ডে বিশেষ অধ্যায়ে কিছুটা আলোচনা করা হয়েছে। পুস্তকের প্রতিটি খন্ডকে স্বয়ংসম্পূর্ণ করার জন্য এবং পাঠ্যসূচী অনুযায়ী বিষয়টি দ্বিতীয় খন্ডে পঠনীয় বিধায় দ্বিতীয় খন্ডেও বিষয়টি পুনরালোচিত হল। অবশ্য প্রথম খন্ডও এ প্রসঙ্গে দ্রষ্টব্য)।

জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী জারণের অর্থ ইলেকট্রন ত্যাগ এবং বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ। এই সংজ্ঞা একেবারে আক্ষরিক অর্থে গ্রহণ করলে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া কেবলমাত্র আয়নীয় যৌগ গঠনের ক্ষেত্রেই সীমাবদ্ধ হয়ে থাকে। যেহেতু অধিকাংশ যৌগই সমযোজী এবং অনেক সমযোজী যৌগেরই গঠন-সংক্রান্ত বিক্রিয়া বহু পূর্ব থেকেই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া বলেই ধারণা প্রচলিত, তাই জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদকে কিছুটা পরিবর্ধিত করা প্রয়োজন হয়ে পড়ে যাতে করে সমযোজী যৌগ গঠনের প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী সুপরিচিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াগুলিকে আধুনিক মতবাদ অনুযায়ীও জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া রূপে গণ্য করা চলে। এজন্যই **জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণার** অবতারণা করা হয়। এই ধারণা প্রবর্তনের ভিত্তিস্বরূপ যে বক্তব্য তা মোটামুটি এইরূপঃ অনেকক্ষেত্রে দুটি মৌলের রাসায়নিক সংযোগকালে একটি মৌলের পরমাণু থেকে অপর মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রন পুরোপুরি স্থানান্তরিত না হলেও মৌল দুটির তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান পৃথক হলে নিম্নতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণু তুলনামূলক ভাবে ইলেকট্রন ত্যাগের **প্রবণতা** দেখাবে এবং উচ্চতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা দেখাবে। কাজেই একটি মৌল সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন ত্যাগ, বা অপর মৌলটি সম্পূর্ণরূপে ইলেকট্রন গ্রহণ না করলেও ইলেকট্রন ত্যাগ এবং গ্রহণের তুলনামূলক প্রবণতার বিষয়টি চিন্তা করে বলা যায়, যে মৌলটি ইলেকট্রন ত্যাগের **প্রবণতা** দেখায় সেটি **জারিত হয়** এবং যে মৌলটি ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা দেখায় সেটি **বিজারিত হয়**।

যেমন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের সংযোগে জল অণু গঠনের কথাই ধরা যাক। জল সমযোজী পদার্থ, অর্থাৎ জল অণু গঠনকালে হাইড্রোজেন ইলেকট্রন পুরোপুরি ত্যাগ করে না বা অক্সিজেনও ইলেকট্রন পুরোপুরি গ্রহণ করে না। কাজেই, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের বিক্রিয়া যার ফলে জল উৎপন্ন হয় সেই বিক্রিয়াটিকে ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বলা চলে না। অথচ, এই বিক্রিয়াটি বহুকাল থেকেই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া রূপে গণ্য।

অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হাইড্রোজেনের তুলনায় অনেক বেশী, কাজেই জল অণুতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মধ্যেকার বন্ধীয় ইলেকট্রনসমূহ হাইড্রোজেন থেকে অক্সিজেনের দিকে বেশ খানিকটা সরে যাবে, ফলে অক্সিজেনের উপর কিছুটা অপরা-চার্জ এবং দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর উপর কিছুটা পরা-চার্জের উদ্ভব হবে। সুতরাং, এক্ষেত্রে যদিও হাইড্রোজেন থেকে সম্পূর্ণরূপে ইলেকট্রন পরিত্যক্ত হয় নি বা অক্সিজেনও সম্পূর্ণরূপে ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে একথা বলা যায় না, তবে ইলেকট্রন বর্জন এবং গ্রহণের প্রবণতার কথা চিন্তা করে বলা যায় হাইড্রোজেন এক্ষেত্রে জারিত হয়েছে এবং অক্সিজেন বিজারিত হয়েছে। এক্ষেত্রে যদি একটু কল্পনার আশ্রয় নেওয়া যায় তাহলে ভাবতে খুব অসুবিধা হয় না যে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং অক্সিজেন পরমাণু যদি পুরোপুরি পরা-আধানযুক্ত বা অপরা-আধানযুক্ত হত তবে প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুর উপর একটি পরা-চার্জ এবং প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর উপর দুই একক অপরা-চার্জের উদ্ভব হত,

কারণ জল-অণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ, অর্থাৎ, অণুতে পরা-চার্জও প্রকাশ পায় না, অপরা-চার্জও প্রকাশ পায় না। বলা হয়ে থাকে **জল-অণুতে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +1 এবং অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −2।**

তাহলে, **জারণ-সংখ্যার সংজ্ঞা** দেওয়া যেতে পারে এইভাবে :

কোন নমুনায় (মৌল, যৌগ, মূলক বা জটিল আয়নে) **এর উপাদান কোন মৌলের একটি পরমাণুতে গড়ে যতগুলি পরা-চার্জ বা অপরা-চার্জের উদ্ভব হত যদি কি না নমুনাটিকে কেবলমাত্র আয়ন** (পরা এবং অপরা আয়ন) **সমষ্টিরূপে চিন্তা করা যেত** (অর্থাৎ নমুনায় বর্তমান সমস্ত বন্ধনীগুলিই যদি আয়নীয় রূপে কল্পনা করা যেত) **পরা বা অপরা চিহ্নযুক্ত সেই কাল্পনিক সংখ্যাটিকে নির্দিষ্ট নমুনায় নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যা বলে।** যেমন, HCl অণুতে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +1, ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা −1। কারণ, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের মধ্যেকার বন্ধনী যদি আয়নীয় হত তাহলে হাইড্রোজেন পরমাণুর উপর এক একক পরা-চার্জ এবং ক্লোরিন পরমাণুর উপর একটি অপরা-চার্জের উদ্ভব হত।

জারণ-সংখ্যার অবশ্য বহুতর সংজ্ঞা দেওয়া যায়। উপরে যে সংজ্ঞাটি দেওয়া হয়েছে, বিশেষভাবে সেটি লক্ষ্য করলে একটি বিষয় পরিষ্কাররূপে বুঝতে অসুবিধা হয় না, তা হল— জারণ-সংখ্যা অনেক ক্ষেত্রেই সম্পূর্ণ কাল্পনিক হতে পারে, কারণ নির্দিষ্ট নমুনাতে বর্তমান সমস্ত বন্ধনীই আয়নীয় হবে এমন কোন কথা নেই, অথচ সংজ্ঞা দেবার কালে কল্পনা করা হয়েছে সব বন্ধনীগুলিই আয়নীয়। HNO_3-তে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +5, প্রকৃতপক্ষে HNO_3 অণুতে কিন্তু N^{+5} আয়নের কোন অস্তিত্বই নেই।

তবে, জারণ-সংখ্যা কাল্পনিক রাশি হলেও জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ব্যাপকভাবে বুঝতে 'জারণ-সংখ্যা' ধারণার প্রয়োগ খুবই সহায়ক।

জারণ-সংখ্যার সংজ্ঞা অপেক্ষা জারণ-সংখ্যা গণনার সাহায্যে নির্ণয়ের পন্থা জানা অধিকতর গুরুত্বপূর্ণ। কোন নমুনায় উপাদান মৌলের জারণ-সংখ্যা নির্ণয়ে কয়েকটি প্রথাগত নিয়ম **(Conventional rules)** অনুসরণ করা হয়ে থাকে। এগুলি হল :

(1) মুক্ত অবস্থায় (বা মৌল অবস্থায়) যে কোন মৌলের জারণ-সংখ্যর মান শূন্য (0)।

(2) কোন যৌগে এর উপাদান মৌলগুলির সকল পরমাণুগুলির মোট জারণ-সংখ্যা (অর্থাৎ, জারণ-সংখ্যাগুলির বীজগাণিতিক সমষ্টি) 0।

(3) কোন জটিল আয়ন বা যৌগ মূলকে সমস্ত জারণ-সংখ্যার যোগফল ঐ আয়ন বা মূলকের চার্জের সমান।

(4) উচ্চ পরা-তড়িৎধর্মী ধাতুর হাইড্রাইড যৌগ ছাড়া অন্য যে কোন যৌগেই হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +1।

(5) সাধারণত প্রায় সকল যৌগেই অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −2। ব্যতিক্রম : পারঅক্সাইড যৌগ এবং ফ্লুওরিন মনোক্সাইড (বা অক্সিজেন ফ্লুওরাইড)—এদের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা যথাক্রমে −1 এবং +2।

(6) যুক্ত অবস্থায় ধাতুর জারণ-সংখ্যা সাধারণত পজিটিভ।

জারণ-সংখ্যা নির্ণয় সম্পর্কিত কয়েকটি উদাহরণ এখানে দেওয়া হল :

(i) H_3PO_4-এ P-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

এক্ষেত্রে, 3টি H-এর জারণ-সংখ্যা = +3

4টি O-এর জারণ সংখ্যা $= 4 \times (-2) = -8$

P-এর জারণ-সংখ্যা মনে করি x

যেহেতু H_3PO_4-এর সব পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যাসমূহের বীজগাণিতিক সমষ্টি = 0,

$\therefore\ +3+x-8 = 0$ বা, $x = +8-3 = +5$

অর্থাৎ, H_3PO_4-এ P-এর জারণ-সংখ্যা +5

(ii) HNO_3-তে N-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

এক্ষেত্রে, H-এর জারণ-সংখ্যা $= +1$

N-এর জারণ-সংখ্যা মনে করি x

3টি O-এর জারণ-সংখ্যা $= 3\times(-2) = -6$

$\therefore\ +1+x-6 = 0$, বা, $x = +6-1 = +5$.

(iii) SO_4^{2-} আয়নে S-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

মনে করি, SO_4^{2-} আয়নে S-এর জারণ-সংখ্যা x

$\therefore\ x+4\times(-2) = -2$ ($-2 = SO_4^{2-}$ আয়নের উপর চার্জের পরিমাণ)

বা, $x = -2+8 = +6$

(iv) $K_2Cr_2O_7$-এ Cr-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

$K_2Cr_2O_7$-এ 2টি K-এর জারণ-সংখ্যা $= +2$

7টি O-এর জারণ-সংখ্যা $= 7\times(-2) = -14$

মনে করি Cr-এর জারণ-সংখ্যা $= x$

$\therefore$ 2টি Cr-এর জারণ-সংখ্যা $= 2x$

$\therefore\ +2+2x-14 = 0$, বা, $2x = +14-2 = +12$ বা, $x = +6$.

(v) $S_2O_8^{2-}$ আয়নে S-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

মনে করি, S-এর জারণ-সংখ্যা এক্ষেত্রে x

$\therefore\ 2x+8\times(-2) = -2$, বা, $2x = +16-2$ বা, $2x = +14$, বা, $x = +7$.

(vi) O_3-তে এবং H_2O_2-তে O-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

O_3-তে O-এর জারণ-সংখ্যা শূন্য (0), কারণ মৌল অবস্থায় যে কোন মৌলেরই জারণ-সংখ্যা 0।

H_2O_2-তে 2টি H-এর জারণ-সংখ্যা $= +2$

O-এর জারণ-সংখ্যা মনে করি x

তাহলে 2টি O-এর জারণ-সংখ্যা $= 2x$

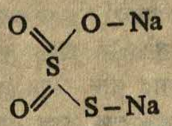
$\therefore\ +2+2x = 0$, বা, $2x = -2$, বা, $x = -1$.

4.8 জারণ-সংখ্যা, যোজ্যতা এবং জারণ-অবস্থা (Oxidation number, valency and oxidation state)

জারণ-সংখ্যা এবং যোজ্যতা অনেক সময় একই অর্থে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। কিন্তু এটি ঠিক নয়। জারণ-সংখ্যার সঙ্গে আয়নীয় যোজ্যতার সাদৃশ্য থাকলেও সমযোজ্যতার সঙ্গে সাদৃশ্য নেই বললেই চলে, কারণ জারণ-সংখ্যা সর্বদাই পরা বা অপরা চিহ্নযুক্ত রাশিরূপে প্রকাশিত হয়, আয়নীয় যোজ্যতাও এইভাবে প্রকাশিত হলেও সমযোজ্যতা কখনই এভাবে পরা বা অপরা চিহ্নযুক্ত সংখ্যা রূপে প্রকাশিত হয় না। তাছাড়া, সংখ্যাগত ভাবেও কোন নমুনায় একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা এবং যোজ্যতা এক হতেও পারে, আবার নাও হতে পারে। যেমন, CH_4, CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$ এবং CCl_4-এ C-এর জারণ-সংখ্যা যথাক্রমে -4, -2, 0, $+2$ এবং $+4$, ঐ সব কয়টি যৌগের প্রতিটিতেই কার্বনের যোজ্যতা কিন্তু 4।

HNO_3-তে N-এর যোজ্যতা 5, কিন্তু জারণ-সংখ্যা $+5$।

সোডিয়াম থায়োসালফেটে ($Na_2S_2O_3$) সালফারের জারণ-সংখ্যা $+2$, কিন্তু যোজ্যতা একটি সালফারের ক্ষেত্রে 6 এবং অপরটির ক্ষেত্রে 2 :



জারণ-সংখ্যা এবং জারণ-অবস্থা সাধারণত অনেকক্ষেত্রেই এক হলেও যে সব নমুনায় কোন মৌলের একাধিক পরমাণু বর্তমান থাকে সেইসব ক্ষেত্রে একই মৌলের বিভিন্ন পরমাণুগুলি ভিন্ন

ভিন্ন জারণ-অবস্থায় থাকতে পারে, জারণ-সংখ্যা কিন্তু সকল পরমাণুর গড় মান রূপে প্রকাশিত হয়ে থাকে। উপরের উদাহরণে $Na_2S_2O_3$-তে S-এর জারণ-সংখ্যা +2, কিন্তু জারণ-অবস্থা একটি S-এর ক্ষেত্রে +6 এবং অপরটির −2।

প্রশ্ন ঃ 4.18 জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণা দেবার কোন প্রয়োজনীয়তা আছে কি ?

4.19 "অধিকাংশ ক্ষেত্রেই জারণ-সংখ্যা একটি কাল্পনিক রাশি মাত্র"—বিবৃতিটি কি সঠিক ?

4.20 (a) "জারণ-সংখ্যা" এবং "জারণ-অবস্থা" কি সমার্থক ?

(b) "যোজ্যতা" এবং জারণ-ংখ্যা কি সমার্থক ?

4.21 $Na_2S_2O_3$-তে S-এর (a) জারণ-সংখ্যা কত ? (b) জারণ-অবস্থা কত ? (c) যোজ্যতা কত ?

4.22 কোন নমুনায় নির্দিষ্ট একটি মৌলের (a) সমযোজ্যতা এবং জারণ-সংখ্যা কি একই ?

(b) আয়নীয় যোজ্যতা এবং জারণ-সংখ্যা কি একই ?

4.23 জারণ-সংখ্যা কত বল ঃ

(a) H_2O_2-তে অক্সিজেনের।
(b) $H_4P_2O_7$-এ ফসফরাসের।
(c) $S_2O_8{}^{2-}$ এ সালফারের।
(d) Na_2CO_3-তে কার্বনের।
(e) ClO_3^- তে ক্লোরিনের।
(f) $KMnO_4$-এ Mn-এর।
(g) Br_2-তে ব্রোমিনের।

4.24 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক, কোন্‌টি ভুল ?

(a) যে কোন নমুনায় অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −2।
(b) হাইড্রোজেনের যে কোন যৌগেই এই মৌলটির জারণ-সংখ্যা +1।
(c) F_2O-তে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা +2।
(d) Na_2O_2-তে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −1।
(e) NaH-এ হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা −1।

4.9 জারণ-সংখ্যা ধারণার ভিত্তিতে জারণ এবং বিজারণ

(Oxidation and reduction on the basis of oxidation number concept)

যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন মৌলের পজিটিভ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় বা নেগেটিভ জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় তাকে বলে জারণ।

অপরপক্ষে, যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন মৌলের পজিটিভ জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় বা নেগেটিভ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাকে বলা হয় বিজারণ।

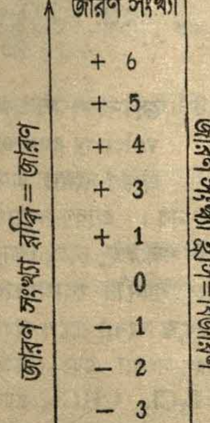
বা সংক্ষেপে, জারণের অর্থ—জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি

বিজারণের অর্থ—জারণ-সংখ্যা হ্রাস

কোন মৌল বা আয়নের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি করতে পারে যে বস্তু সেটি হল জারক দ্রব্য।

আবার, কোন মৌল বা আয়নের জারণ-সংখ্যা হ্রাস করতে পারে যে বস্তু সেটি হল বিজারক দ্রব্য।

জারণ-সংখ্যার ভিত্তিতে জারণ-বিজারণের বিষয়টি চিত্রাকারে (চিত্র 4.1) উপস্থাপিত করা হল।



চিত্র 4.1 ঃ জারণ-সংখ্যা ভিত্তিক জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত সংজ্ঞা।

কোন বিক্রিয়া আদৌ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া কি না তা পরীক্ষা করা যেতে পারে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী নমুনাগুলির উপাদান পরমাণুসমূহের প্রতিটির জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ দ্বারা। বিক্রিয়ার ফলে জারণ-সংখ্যার যদি কোন পরিবর্তন না হয়, তবে সেই বিক্রিয়া জারণ-বিজারণ নয়। অপরপক্ষে, জারণ-সংখ্যার কোন পরিবর্তন লক্ষিত হলেই বুঝতে হবে আলোচ্য বিক্রিয়াটি অবশ্যই জারণ-বিজারণ। দু-একটি উদাহরণ নিলে বিষয়টি স্বচ্ছতর হবে।

(i) $Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 + 2NaCl$

এই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ ?

বিক্রিয়ক এবং জাতক পদার্থগুলির প্রতিটির উপাদান পরমাণুসমূহের জারণ-সংখ্যা পরমাণুগুলির মাথার উপর বন্ধনীর মধ্যে লেখা হল :

$$\overset{(+1)}{Na_2}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} + \overset{(+2)}{Ba}\ \overset{(-1)}{Cl_2} = \overset{(+2)}{Ba}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} + 2\overset{(+1)}{Na}\ \overset{(-1)}{Cl}$$

উপরের তথ্য থেকে দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণুরই জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হয় নি। কাজেই, বিষয়টি **জারণ-বিজারণ নয়**।

(ii) $PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$. এই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ ?

আগের মতোই জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ করা হল :

$$\overset{(+4)}{Pb}\ \overset{(-2)}{O_2} + 4\overset{(+1)}{H}\ \overset{(-1)}{Cl} = \overset{(+2)}{Pb}\ \overset{(-1)}{Cl_2} + \overset{(0)}{Cl_2} + 2\overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O}$$

বিক্রিয়াটি অবশ্যই জারণ-বিজারণ ক্রিয়া, কারণ দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে Pb-এর জারণ-সংখ্যা (+4) থেকে হ্রাস পেয়ে (+2) হচ্ছে (অর্থাৎ, এটি **বিজারণ**) এবং ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা (−1) থেকে বৃদ্ধি পেয়ে (0) হচ্ছে (এটি ক্লোরাইড আয়নের **জারণ**)।

(iii) $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$. এই বিক্রিয়াটি ?

বিক্রিয়ক এবং জাতক পদার্থগুলির উপাদান প্রতিটি পরমাণুর জারণ-সংখ্যা পরমাণুর মাথার উপরে লেখা হল :

$$\overset{(0)}{Zn} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} = \overset{(+2)}{Zn}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} + \overset{(0)}{H_2}$$

জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ থেকে দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে Zn-এর জারণ-সংখ্যা (0) থেকে (+2)-তে বৃদ্ধি পেয়েছে, অর্থাৎ এটি **জারণ**, এবং হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা (+1) থেকে (0)-তে হ্রাস পেয়েছে, অর্থাৎ, এটি **বিজারণ**। বিক্রিয়াটি অবশ্যই জারণ-বিজারণ।

(iv) $C + 4HNO_3$ (গাঢ়) $= CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$. এই বিক্রিয়াটি ?

$$\overset{(0)}{C} + 4\overset{(+1)}{H}\ \overset{(+5)}{N}\ \overset{(-2)}{O_3} = \overset{(+4)}{C}\ \overset{}{O_2} + 4\overset{(+4)}{N}\ \overset{(-2)}{O_2} + 2\overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O}$$

বিক্রিয়াটি নিশ্চিত জারণ-বিজারণ। কারণ, বিক্রিয়ার ফলে C-এর জারণ-সংখ্যা (0) থেকে (+4)-এ বৃদ্ধি পেয়েছে (জারণ) এবং N-এর জারণ-সংখ্যা (+5) থেকে (+4)-এ হ্রাস পেয়েছে (বিজারণ)।

(v) $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$. এই বিক্রিয়া ?

$$\overset{(+2)}{Ca}\ \overset{(+4)}{C}\ \overset{(-2)}{O_3} + 2\overset{(+1)}{H}\ \overset{(-1)}{Cl} = \overset{(+2)}{Ca}\ \overset{(-1)}{Cl_2} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O} + \overset{(+4)}{C}\ \overset{(-2)}{O_2}$$

বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণুরই জারণ-সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি কিছুই ঘটে নি। কাজেই, বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ নয়।

(vi) $3CuSO_4 + 2PH_3 = Cu_3P_2 + 3H_2SO_4$. এই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ ?

$$3\ \overset{(+2)}{Cu}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} + 2\ \overset{(-3)}{P}\ \overset{(+1)}{H_3} = \overset{(+2)}{Cu_3}\ \overset{(-3)}{P_2} + 3\ \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4}$$

জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ পদ্ধতি থেকে নির্দ্বিধায় বলা যায় এই বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ নয়, কারণ কোন পরমাণুরই বিক্রিয়ার ফলে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে নি।

এখানে অবশ্য উল্লেখ্য যে জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত **প্রাচীন ধারণা অনুযায়ী** এটি ফসফিনের একটি বিজারণ-বিক্রিয়ার উদাহরণ হিসাবে পরিগণিত হয়।

(vii) $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$. এই বিক্রিয়াটি ?

$$\overset{(+1)}{2\,H_2}\overset{(-2)}{S} + \overset{(+4)}{S}\overset{(-2)}{O_2} = \overset{(0)}{3\,S} + \overset{(+1)}{2H_2}\overset{(-2)}{O}$$

বিক্রিয়ার ফলে H_2S-এর মধ্যস্থিত S-এর জারণ-সংখ্যা (−2) থেকে বৃদ্ধি পেয়ে (0) হয়েছে। H_2S তাই এখানে জারিত হয়েছে। SO_2-স্থিত S-এর জারণ-সংখ্যা (+4) থেকে হ্রাস পেয়ে (0) হয়েছে। SO_2 তাই বিজারিত হয়েছে।

জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত জারণ-সংখ্যা ভিত্তিক ধারণা অনুযায়ী কেবলমাত্র সেই সব পদার্থই জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য উভয়রূপেই কাজ করতে পারবে যাদের উপাদান মূল ক্রিয়াশীল মৌলের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি এবং হ্রাস উভয়েরই সুযোগ বর্তমান। যেমন ঃ

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা হল −1। এখন অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −1 ছাড়াও −2 হওয়া যেমন সম্ভব (বিভিন্ন অক্সাইডের মধ্যে জলও অন্তর্ভুক্ত) আবার 0 (মুক্ত মৌল অক্সিজেনে) হওয়াও তেমন সম্ভব। অর্থাৎ, H_2O_2-এর মধ্যস্থ অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা হ্রাসেরও যেমন সুযোগ রয়েছে (−1 থেকে −2-তে) তেমনি বৃদ্ধিরও সুযোগ রয়েছে (−1 থেকে 0-তে)। জারণ-সংখ্যা হ্রাস পেলে পদার্থ জারক দ্রব্য রূপে এবং জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে বিজারক দ্রব্য রূপে কাজ করবে। কাজেই H_2O_2 জারক এবং বিজারক উভয় দ্রব্যরূপেই কাজ করতে পারে। নীচের সারণীতে কয়েকটি সাধারণ পদার্থ যেগুলি জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য উভয়রূপেই কাজ করতে পারে তাদের মূল ক্রিয়াশীল মৌলটির জারণ-সংখ্যা পরিবর্তনের বিষয়টি উপস্থাপিত হল ঃ

সারণী ঃ 4.1

পদার্থ	জারণ-বিজারণ ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী মৌল এবং তার জারণ-সংখ্যা পদার্থটিতে	মৌলের অপর জারণ-সংখ্যাগুলি	জারক এবং বিজারকরূপে ক্রিয়ার উদাহরণ
H_2O_2	O (−1)	0 (O_2-তে) −2 (H_2O এবং অন্যান্য অক্সাইডে)	**জারক ঃ** $2KI+2HCl+H_2O_2 = I_2+2KCl+2H_2O$ **বিজারক ঃ** $Cl_2+H_2O_2 = 2HCl+O_2$
CO	C (+2)	0 (মৌল C-তে) +4 (CO_2-তে) −4 (CH_4-এ) ইত্যাদি	**জারক ঃ** $CO+3H_2 \xrightarrow{Pt/350^\circ\ সে.} CH_4+H_2O$ **বিজারক ঃ** $PbO+CO = Pb+CO_2$
SO_2	S (+4)	0 (মৌল S-এ) +6 (H_2SO_4-এ) −2 (H_2S-এ)	**জারক ঃ** $2H_2S+SO_2 = 3S+2H_2O$ **বিজারক ঃ** $Br_2+SO_2+2H_2O = 2HBr+H_2SO_4$
আয়োডিন	I (0)	−1 (HI এবং আয়োডাইডে) +1 (HOI-তে) +5 (HIO_3-তে) ইত্যাদি।	**জারক ঃ** $H_2S+I_2 = S+2HI$ **বিজারক ঃ** $2KClO_3+I_2 = 2KIO_3+Cl_2$

প্রশ্ন : 4.25 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক, কোন্‌টি ভুল ?

(a) জারণের অর্থ জারণ-সংখ্যা হ্রাস।
(b) জারণের অর্থ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি।
(c) বিজারণের অর্থ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি।
(d) বিজারণের অর্থ জারণ-সংখ্যা হ্রাস।

4.26 কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায়,

(a) একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা −4 থেকে −2 হল, ঐ মৌলটি জারিত হল না বিজারিত হল ?
(b) একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে −4 হল, বিক্রিয়ায় মৌলটি জারিত হল না বিজারিত হল ?
(c) একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা +6 থেকে +4 হল। বিক্রিয়াটি ঐ মৌলের জারণ না বিজারণ ?

4.27 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় (a) জারক দ্রব্যের জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় না বৃদ্ধি পায় ?
(b) বিজারক দ্রব্যের জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় না বৃদ্ধি পায় ?

4.28 (a) $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$
(b) $2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$
উপরের বিক্রিয়া দুটিতে (i) কোন্‌টি জারিত এবং কোন্‌টি বিজারিত হয় ? (ii) কোন্‌টি জারক দ্রব্য এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য ? (জারণ-সংখ্যা বিচার করে বল)

4.29 জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণার ভিত্তিতে বল নীচের যৌগগুলির কোন্ কোন্‌টি জারক-বিজারক উভয় রূপেই কাজ করতে পারে এবং কোন্ কোন্‌টি পারে না—

$$SO_2, CO_2, H_2O_2, CO, NO_2, I_2$$

4.30 নীচের বিক্রিয়াগুলির কোন্‌টি জারণ-বিজারণ এবং কোন্‌টি জারণ-বিজারণ নয় ? [জারণ-সংখ্যা বিচার করে বল] :

(i) $AgNO_3 + KI = AgI + KNO_3$
(ii) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$
(iii) $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$
(iv) $CaCl_2 + 2NaF = CaF_2 + 2NaCl$
(v) $2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$

4.10 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণের জারণ-সংখ্যা পদ্ধতি (Balancing Red-ox Reactions by Oxidation Number Method)

জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণার ভিত্তিতে বলা যায়—

জারণের অর্থ জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি এবং **বিজারণের অর্থ জারণ-সংখ্যা হ্রাস**। এখন, যেহেতু জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া একসঙ্গেই ঘটে থাকে, কাজেই একটি পদার্থ জারিত হলে সঙ্গে সঙ্গেই অপর একটি পদার্থ বিজারিত হবেই। জারিত পদার্থের ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যা যত একক বৃদ্ধি পাবে, বিজারিত পদার্থের ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যা ঠিক তত একক হ্রাস পাবে। এই নীতির উপর ভিত্তি করেই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণের জারণ-সংখ্যা পদ্ধতি গড়ে উঠেছে।

এই পদ্ধতিতে প্রথমেই জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ পদ্ধতিতে (পূর্বেই আলোচিত) দেখে নেওয়া হয় যে বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণ করতে হবে সেটি আদৌ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া কিনা। তারপর, এই ধাপগুলো পর পর অনুসরণ করতে হবে :

(1) প্রথমে বিকারক এবং উৎপন্ন পদার্থ কি কি সেটি ঠিক করে একটি কাঠামো সমীকরণ (Skeleton equation) লিখতে হবে।

(2) বিকারক পদার্থগুলির মধ্যে কোন্‌টি জারক দ্রব্য সেটি বেছে নিয়ে তার মধ্যেকার নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন কত হচ্ছে নির্ণয় করতে হবে (জারণ-সংখ্যা হ্রাস পাবে)।

(3) অনুরূপভাবে, বিজারক দ্রব্যের নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন নির্ণয় করতে হবে (জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাবে)।

(4) উভয়ক্ষেত্রেই জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন যাতে সমান হয় সেজন্য উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করতে হবে (জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের সংকেতকে)।

(5) সমীকরণে সমতা আনার জন্য প্রয়োজন হলে মূল বিকারকগুলি ছাড়াও বিক্রিয়া-মাধ্যম অনুযায়ী জল অণু, অ্যাসিড বা ক্ষার অণু সমীকরণে ব্যবহৃত হতে পারে (আম্লিক মাধ্যমে অ্যাসিড অণু ব্যবহৃত হতে পারে, ক্ষারীয় মাধ্যমে ক্ষার অণু ব্যবহৃত হতে পারে এবং জল অণু সকল মাধ্যমেই—প্রশম, আম্লিক বা ক্ষারীয় যে কোন মাধ্যমেই—ব্যবহৃত হতে পারে।

উদাহরণ ঃ (1) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

কাঠামো সমীকরণ ঃ (পরমাণুগুলির মাথায় এদের জারণ-সংখ্যাগুলি প্রদত্ত হল)

$$\overset{(+4)}{Mn}\ \overset{(-2)}{O_2} + \overset{(+1)}{H}\ \overset{(-1)}{Cl} \rightarrow \overset{(+2)}{Mn}\ \overset{(-1)}{Cl_2} + \overset{(0)}{Cl_2} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O}$$

Mn-এর জারণ-সংখ্যা (+4) থেকে (+2)-তে হ্রাস পেয়েছে, সুতরাং MnO_2 বিজারিত হয়েছে বা এটিই জারক দ্রব্য।

ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা HCl-এ (−1) থেকে Cl_2-তে (0)-তে বৃদ্ধি পেয়েছে, সুতরাং HCl জারিত হয়েছে, অর্থাৎ এটিই বিজারক দ্রব্য।

এখন, যেহেতু জারক দ্রব্যের ক্ষেত্রে

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন = বিজারক দ্রব্যের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন

সুতরাং, MnO_2 এবং HCl 1 : 2 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করবে। কিন্তু, $MnCl_2$ গঠনের জন্য যে 2টি Cl^- আয়ন দরকার সেগুলিকেও HCl থেকে আসতে হবে, যার জন্য অতিরিক্ত 2 অণু HCl প্রয়োজন। অর্থাৎ, বিক্রিয়াটির সমিত সমীকরণ হবে ঃ

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O.$$

(ii) জলীয় দ্রবণে H_2S এবং SO_2-এর পারস্পরিক বিক্রিয়ায় S-এর উৎপন্ন হওয়া।

কাঠামো সমীকরণ ঃ

$$\overset{(+4)}{S}\ \overset{(-2)}{O_2} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{S} \rightarrow \overset{(0)}{S} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O}$$

এখানে, জারক দ্রব্য SO_2, S-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 4 একক (+4 থেকে 0)

বিজারক দ্রব্য H_2S, S-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 2 একক (−2 থেকে 0)

সুতরাং, SO_2 এবং H_2S-এর আণবিক অনুপাত হবে 2 : 4 বা 1 : 2

সমিত সমীকরণ ঃ $SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O.$

(iii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ এবং ফেরাস সালফেট দ্রবণের বিক্রিয়া।

$$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

মূল বিকারক ঃ $FeSO_4$ এবং $KMnO_4$

জারণ-সংখ্যা নির্দেশকারী কাঠামো-সমীকরণ ঃ

$$\overset{(+2)}{Fe}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} + \overset{(+1)}{K}\ \overset{(+7)}{Mn}\ \overset{(-2)}{O_4} = \overset{(+3)}{Fe_2}\ (\overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4})_3 + \overset{(+2)}{Mn}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4}$$

তাহলে, $FeSO_4$ জারিত হচ্ছে $Fe_2(SO_4)_3$-এ এবং একটি Fe-এর জন্য জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 1 ; $KMnO_4$ বিজারিত হচ্ছে $MnSO_4$-এ। Mn-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 5 (+7 থেকে +2)।

সুতরাং, $FeSO_4$ এবং $KMnO_4$-এর বিক্রিয়া হবে 5 : 1 এই অণু সংখ্যার অনুপাতে। কিন্তু ফেরিক সালফেটের অণুতে 2টি Fe থাকার জন্য সমীকরণ সমিত করতে এই অনুপাতটিকে দ্বিগুণ করতে হবে, অর্থাৎ অনুপাতটি হবে 10 : 2। তাহলে, সমীকরণটি দাঁড়ায় এইরূপ ঃ

$$10FeSO_4 + 2KMnO_4 + nH_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + H_2O$$

এখন, $5Fe_2(SO_4)_3$, K_2SO_4 এবং $2MnSO_4$-এর জন্য মোট SO_4 মূলকের প্রয়োজন 18টি (5×3+1+2), এর মধ্যে 10টি পাওয়া যাচ্ছে $10FeSO_4$ থেকে। তাহলে বাকী 8টি SO_4 মূলকের জন্য H_2SO_4 লাগবে 8 অণু, অর্থাৎ n = 8, সুতরাং সমিত সমীকরণ হল :

$$10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

(iv) লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের বিক্রিয়া : $K_2Cr_2O_7 + KI + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + I_2 + H_2O$

মূল বিকারক : $K_2Cr_2O_7$ এবং KI

জারণ-সংখ্যা নিদেশ'কারী কাঠামো সমীকরণ :

$$\overset{(+1)}{K_2}\ \overset{(+6)}{Cr_2}\ \overset{(-2)}{O_7} + \overset{(+1)}{K}\ \overset{(-1)}{I} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} \rightarrow \overset{(+1)}{K_2}\ \overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4} + \overset{(+3)}{Cr_2}\ (\overset{(+6)}{S}\ \overset{(-2)}{O_4})_3 + \overset{(0)}{I_2} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O}$$

$K_2Cr_2O_7$-এর প্রতিটি Cr-এর জন্য জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 3 (+6 থেকে +3) বা 2টি Cr-এর জন্য জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 6। KI-এর I-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 1 (−1 থেকে 0)।

সুতরাং, $K_2Cr_2O_7$ এবং KI-এর অণু সংখ্যার অনুপাত হবে 1 : 6। তাহলে, সমীকরণটি হবে—

$$K_2Cr_2O_7 + 6KI + nH_2SO_4 \rightarrow 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + H_2O$$

$4K_2SO_4$ এবং $Cr_2(SO_4)_3$ এর জন্য মোট (4+3) বা 7টি SO_4 মূলকের প্রয়োজন, এর জন্য 7 অণু H_2SO_4-এর প্রয়োজন, অর্থাৎ $n = 7$.

সুতরাং, সমিত সমীকরণ হল :

$$K_2Cr_2O_7 + 6KI + 7H_2SO_4 = 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$

(v) আয়োডিন ও তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া :

জারণ-সংখ্যা নির্দেশকারী কাঠামো-সমীকরণ :

$$\overset{(0)}{I_2} + \overset{(+1)}{H}\ \overset{(+5)}{N}\ \overset{(-2)}{O_3} \rightarrow \overset{(+1)}{H}\ \overset{(+5)}{I}\ \overset{(-2)}{O_3} + \overset{(+2)}{N}\ \overset{(-2)}{O} + \overset{(+1)}{H_2}\ \overset{(-2)}{O}$$

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন—

I_2-এর প্রতিটি I পরমাণুর জন্য 5 (0 থেকে +5)

2টি I পরমাণুর জন্য 2×5 বা 10

HNO_3-এর N-এর ক্ষেত্রে 3 (+5 থেকে +2)

$\therefore\ I_2 : HNO_3 = 3 : 10$

তাহলে, সমিত সমীকরণ হল—

$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$$

(vi) আম্লিক দ্রবণে ফেরাস লবণ এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিক্রিয়া :

কাঠামো সমীকরণ :

$$\overset{(+2)}{Fe}\ SO_4 + H_2\overset{(-1)}{O_2} \rightarrow \overset{(+3)}{Fe_2}(SO_4)_3 + H_2\ \overset{(-2)}{O}$$

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন

$FeSO_4$-এর Fe-এর ক্ষেত্রে 1 (+2 থেকে +3)

H_2O_2 এর প্রতিটি O-এর জন্য 1 (−1 থেকে −2)

বা, H_2O_2-এর 2টি O-এর জন্য 2

$\therefore\ FeSO_4 : H_2O_2 = 2 : 1$

তাহলে, সমীকরণটি দাঁড়ায় এইরূপ :

$$2FeSO_4 + H_2O_2 + nH_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$$

$Fe_2(SO_4)_3$-এর জন্য 3টি SO_4 মূলকের প্রয়োজন। এর মধ্যে 2টি SO_4 আসবে 2টি $FeSO_4$ অণু থেকে, বাকী 1টি SO_4-এর জন্য 1 অণু H_2SO_4 প্রয়োজন, অর্থাৎ $n = 1$, সুতরাং, সমিত সমীকরণ হল :

$$2FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

(vii) ধাতব জিঙ্ক এবং লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া :

কাঠামো সমীকরণ :

$$\overset{(0)}{Zn} + H\overset{(+5)}{N}O_3 \rightarrow \overset{(+2)}{Zn}(NO_3)_2 + \overset{(+1)}{N_2}O + H_2O$$

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন :

Zn-এর ক্ষেত্রে → 2 (0 থেকে +1)

HNO_3-এর N-এর ক্ষেত্রে → 4 (+5 থেকে +1)

∴ $Zn : HNO_3 = 4 : 2$

$$4Zn + 2HNO_3 \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + H_2O$$

কিন্তু $4Zn(NO_3)_2$-এর জন্য 4 × 2 বা 8টি নাইট্রেট মূলকের প্রয়োজন, এই 8টি নাইট্রেট মূলকের জন্য আরও 8 অণু নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। তাহলে সমিত সমীকরণ হল :

$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O.$$

(viii) অম্লায়িত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া :

কাঠামো সমীকরণ :

$$\overset{(+3)}{Fe}Cl_3 + \overset{(+4)}{S}O_2 \rightarrow \overset{(+2)}{Fe}Cl_2 + H_2\overset{(+6)}{S}O_4$$

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন :

$FeCl_3$-এর Fe-এর ক্ষেত্রে → 1 (+3 থেকে +2)

SO_2-এর S-এর ক্ষেত্রে → 2 (+4 থেকে +6)

∴ $FeCl_3 : SO_2 = 2 : 1$

$$2FeCl_3 + SO_2 \rightarrow 2FeCl_2 + H_2SO_4$$

সমীকরণ সমিতকরণের প্রয়োজনে 2 অণু জল বাঁদিকে যোগ করা হল (2টি Cl^- আয়নকে 2 অণু HCl করতে 2টি H-এর প্রয়োজন, SO_2-কে H_2SO_4 করার জন্য 2টি H-এর প্রয়োজন—মোট 4টি H-এর জন্য 2 অণু H_2O প্রয়োজন)

সমিত সমীকরণ :

$$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4$$

প্রশ্ন : 4.31 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক কোন্‌টি ভুল ?

(a) জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণে বিক্রিয়া মাধ্যম আম্লিক হলে প্রয়োজনে OH^- আয়ন ব্যবহৃত হতে পারে।

(b) বিক্রিয়া মাধ্যম ক্ষারীয় হলে প্রয়োজনে OH^- আয়ন ব্যবহৃত হতে পারে।

(c) বিক্রিয়া মাধ্যম প্রশম হলে H^+ বা OH^- কোনটিই ব্যবহৃত হতে পারে না।

4.32 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় জারক দ্রব্যের নির্দিষ্ট মোলের জারণ-সংখ্যার মোট পরিবর্তন এবং বিজারক দ্রব্যের নির্দিষ্ট মোলের জারণ-সংখ্যার মোট পরিবর্তন কি একই হতে হবে ?

4.33 কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় জারক দ্রব্যের নির্দিষ্ট মোলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন যদি 5 হয় এবং বিজারক দ্রব্যের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন যদি 2 হয়, তবে জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য অণু সংখ্যার কি অনুপাতে বিক্রিয়া করবে ?

4.34 $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO_2$

উপরের বিক্রিয়ায় (a) কোন্‌টি জারক দ্রব্য এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য ? (b) জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন কোন্ মৌলটির ক্ষেত্রে কত ? (c) জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য অণু সংখ্যার কি অনুপাতে বিক্রিয়া করবে ?

4.35 নীচে কয়েকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার কাঠামো-সমীকরণ দেওয়া হল। জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে এই সমীকরণগুলি সমিত কর :

(a) $H_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow S + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$

(b) $KI + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$

(c) $FeCl_3 + SO_2 + HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2SO_4$

4.11 জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent Weight of Oxidant and Reductant)

এক অণু জারক বা বিজারক দ্রব্য যথাক্রমে বিজারিত বা জারিত হবার জন্য জারণ-সংখ্যার যে পরিবর্তন হয় সেই সংখ্যা দ্বারা জারক বা বিজারক দ্রব্যের আণবিক ওজনকে (বা সাংকেতিক ওজনকে) ভাগ করলে দ্রব্যটির তুল্যাংকভার পাওয়া যায়।

(i) $\overset{(+7)}{KMnO_4} \rightarrow \overset{(+2)}{Mn}$, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট আম্লিক মাধ্যমে উপযুক্ত বিজারক দ্রব্য (যথা, অক্সালিক অ্যাসিড, ফেরাস লবণ, H_2O_2 ইত্যাদি) দ্বারা ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত হলে Mn-এর জারণ-সংখ্যা +7 থেকে হ্রাস পেয়ে +2 হয়। অর্থাৎ, জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 5। সুতরাং, আম্লিক মাধ্যমে বিক্রিয়াকালে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের তুল্যাংকভার $= \frac{1}{5} \times KMnO_4$-এর আণবিক (বা সাংকেতিক) ওজন = 31·6.

(ii) $\overset{(+6)}{K_2Cr_2O_7} \rightarrow \overset{(+3)}{Cr}$. আম্লিক মাধ্যমে উপযুক্ত বিজারক দ্বারা (যথা I^-, Fe^{2+} ইত্যাদি) বিজারিত হবার কালে প্রতি Cr পরমাণুর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হয় 3 ; এক অণু পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটে 2টি Cr পরমাণু থাকে, 2টি Cr-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 6.

$$\therefore\ K_2Cr_2O_7\text{-এর তুল্যাংকভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{6} = \frac{294·2}{6} = 49·04.$$

ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী, **এক অণু জারক বা বিজারক দ্রব্য বিজারিত বা জারিত হবার জন্য যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে সেই সংখ্যা দ্বারা দ্রব্যটির আণবিক ওজনকে (বা সাংকেতিক ওজনকে) ভাগ করলে দ্রব্যটির তুল্যাংকভার পাওয়া যায়।**

(i) ফেরিক ক্লোরাইড যখন জারক-দ্রব্য হিসাবে ক্রিয়া করে তখন এটি বিজারিত হয় ফেরাস ক্লোরাইডে : $FeCl_3 \rightarrow FeCl_2$. এই বিক্রিয়ায় আসলে Fe^{3+} আয়ন বিজারিত হয় Fe^{2+} আয়নে : $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$. Fe^{3+} আয়ন 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে। 1টি Fe^{3+} আয়ন আসে 1 অণু $FeCl_3$ থেকে।

$$\therefore\ FeCl_3\ \text{(অনার্দ্র)-এর তুল্যাংকভার} = \frac{FeCl_3\text{-এর আণবিক (বা সাংকেতিক) ওজন}}{1} = 162·4$$

[এখানে উল্লেখ্য যে **লবণ** হিসাবে কিন্তু $FeCl_3$ (অনার্দ্র)-এর তুল্যাংকভার

$$= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{Fe^{3+}\ \text{এর যোজ্যতা 3}} = 54·1\ ]$$

(ii) আম্লিক মাধ্যমে অক্সালিক অ্যাসিড—$H_2C_2O_4$, $2H_2O$ জারিত হয় কার্বন ডাই-অক্সাইডে : $H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e$. এক অণু অক্সালিক জারিত হতে 2টি ইলেকট্রন বর্জিত হয়।

$$\therefore\ \text{বিজারকরূপে অক্সালিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{126}{2} = 63.$$

[আবার, অ্যাসিড রূপে অক্সালিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার

$$= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}} = \frac{126}{2} = 63\ ]$$

আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে জারক দ্রব্য বা বিজারক দ্রব্যের আংশিক সমীকরণ জানা থাকলে দ্রব্যটির তুল্যাঙ্কভার সহজেই নির্ণীত হতে পারে। সারণী 4.2-এ বিষয়টি বোঝাবার চেষ্টা করা হয়েছে ঃ

সারণী 4.2 ঃ

	পদার্থ	আংশিক সমীকরণ (বিজারণ বা জারণ)	তুল্যাঙ্কভার
জারক দ্রব্য	$KMnO_4$	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ (আম্লিক মাধ্যম) $MnO_4^- + 2H_2O + 3e \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$ (প্রশম বা ক্ষারীয় মাধ্যমে)	$\frac{M}{5}$ $\frac{M}{3}$
	$K_2Cr_2O_7$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (আম্লিক মাধ্যম)	$\frac{M}{6}$
	H_2O_2	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$ (আম্লিক মাধ্যম) $H_2O_2 + 2OH^- + 2e \rightarrow 2H_2O + 2O^{2-}$ (ক্ষারীয় মাধ্যম)	$\frac{M}{2}$ $\frac{M}{2}$
	HNO_3	$NO_3^- + 2H^+ + e \rightarrow NO_2 + H_2O$ (গাঢ় HNO_3-এর ক্ষেত্রে)	$\frac{M}{1}$
বিজারক দ্রব্য	সালফার ডাই অক্সাইড (SO_2)	$SO_2 + 2H_2O - 2e \rightarrow H_2SO_4 + 2H^+$ (আম্লিক মাধ্যম)	$\frac{M}{2}$
	হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)	$H_2S - 2e \rightarrow S + 2H^+$ (আম্লিক মাধ্যম)	$\frac{M}{2}$
	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2)	$H_2O_2 - 2e \rightarrow O_2 + 2H^+$ (আম্লিক মাধ্যম) $H_2O_2 + 2OH^- - 2e \rightarrow O_2 + 2H_2O$ (ক্ষারীয় মাধ্যম)	$\frac{M}{2}$ $\frac{M}{2}$
	সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3$, $5H_2O$)	$2S_2O_3^{2-} - 2e \rightarrow S_4O_6^{2-}$	$\frac{M}{2}$

(M = আণবিক বা সাঙ্কেতিক ওজন)

একটি বিষয় মনে রাখা প্রয়োজন। তা হল কোন জারক দ্রব্য বা বিজারক দ্রব্যের তুল্যাঙ্কভার নির্দিষ্ট বিজারণ বা জারণ বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল—ঐ তুল্যাঙ্কভার একটি নিত্য সংখ্যা নাও হতে পারে। অর্থাৎ, একই জারক দ্রব্যের (বা বিজারক দ্রব্যের) বিভিন্ন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিভিন্ন তুল্যাঙ্কভার হতে পারে। যেমন, উপরের সারণী থেকেই দেখা যাচ্ছে যে আম্লিক মাধ্যমে এবং ক্ষারীয় বা প্রশম মাধ্যমে $KMnO_4$ এর তুল্যাঙ্কভার এক নয়—আম্লিক মাধ্যমে এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{5}$, কিন্তু ক্ষারীয় বা প্রশম মাধ্যমে-এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{3}$।

প্রশ্ন : 4.36 কোন জারক দ্রব্য বা বিজারক দ্রব্যের তুল্যাংকভার (E)-কে গাণিতিক উপায়ে এইভাবে প্রকাশ করা যায় : $E = \frac{M}{x}$, এখানে M ই বা কি, x ই বা কি ?

4.37 আম্লিক মাধ্যমে, প্রশম মাধ্যমে এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে জারক দ্রব্যরূপে $KMnO_4$-এর তুল্যাংকভার কত হবে বিক্রিয়ায় এর অর্ধ-সমীকরণ আয়নীয়রূপে লিখে নির্ণয় কর।

4.38 আম্লিক এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে জারক এবং বিজারক রূপে H_2O_2-এর তুল্যাংকভার কত হবে ? (অর্ধসমীকরণের আয়নীয় রূপ লিখে উত্তর দাও)

4.12 ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী এবং এর প্রয়োগ

(Electropotential series of metals and its applications)

দুটি কাচের বীকার নেওয়া হল। প্রথম বীকারে খানিকটা কপার সালফেটের নীল জলীয় দ্রবণ নেওয়া হল এবং দ্বিতীয় বীকারে নেওয়া হল জিংক সালফেটের বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ। প্রথম বীকারে রক্ষিত নীল কপার সালফেট দ্রবণে একটি ধাতব জিংক দণ্ড আংশিক ডোবানো হল। দ্বিতীয় বীকারের জিংক সালফেট দ্রবণে একইভাবে ডুবিয়ে রাখা হল একটি ধাতব কপার দণ্ড। কিছুক্ষণ পরে দেখা গেল প্রথম বীকারে জিংক দণ্ডের গায়ে লাল ধাতব কপারের একটি আস্তরণ পড়েছে এবং জিংক দণ্ডের খানিকটা জিংক দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণে চলে গেছে (দ্রবণে Zn^{2+} আয়নের উপস্থিতির পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ মেলে)। দ্বিতীয় বীকারে কপার দণ্ড এবং জিংক সালফেট দ্রবণের মধ্যে কিন্তু কোন বিক্রিয়াই হয় নি। প্রথম বীকারে যে বিক্রিয়াটি ঘটলো তার সমীকরণ হল : $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu$. আয়নীয় ভাবে সমীকরণটিকে লেখা যায় এইভাবে :

$$Cu^{2+} + Zn = Zn^{2+} + Cu$$

উপরের তথ্য বিশ্লেষণ করে বলা যায় দ্রবণে Zn-এর Zn^{2+} আয়ন গঠনের প্রবণতা, Cu-এর Cu^{2+} আয়ন গঠনের প্রবণতা অপেক্ষা তুলনামূলকভাবে বেশী। কারণ, তা না হলে বিপরীত বিক্রিয়াটি, অর্থাৎ $Zn^{2+} + Cu = Zn + Cu^{2+}$—এই বিক্রিয়াটি হত কিন্তু এটি হয় না।

কেবলমাত্র Zn এবং Cu নয়, বিভিন্ন ধাতব পরমাণুর দ্রবণে পজিটিভ ধাতব আয়ন গঠনের প্রবণতার তুলনামূলক আলোচনা সম্ভবপর। দ্রবণে পজিটিভ আয়ন গঠনের প্রবণতা কোন ধাতুর খুবই বেশী, আবার কোনটির বা খুবই কম।

একটি ধাতুর পাত ঐ ধাতুরই লবণের দ্রবণে ডোবালে ধাতব-পরমাণুর ধাতব আয়ন গঠন এবং ধাতব আয়নের ধাতব পরমাণু গঠনের তুলনামূলক প্রবণতার উপর নির্ভর করে ধাতুর পাত এবং দ্রবণের মধ্যে একটি তড়িৎ-বিভব পার্থক্যের (potential difference) সৃষ্টি হবে।

ধাতব পরমাণুর পজিটিভ ধাতব আয়ন গঠনের ঝোঁক বেশী হলে এই তড়িৎ-বিভব হবে জারণ-বিভব (oxidation potential) এবং আয়নের পরমাণু গঠনের প্রবণতা বেশী হলে তড়িৎ-বিভব হবে বিজারণ-বিভব। এই তড়িৎ-বিভব প্রত্যক্ষভাবে না হলেও পরোক্ষভাবে (অপর একটি সহায়ক তড়িৎ-দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত করে) পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণীত হতে পারে। প্রমাণ অবস্থায় —অর্থাৎ, 25°সে. উষ্ণতায় এবং আয়নের মোলার গাঢ়ত্ব যখন 1 সেই অবস্থায় নির্ণীত—তড়িৎ-বিভবকে বলে **প্রমাণ তড়িৎ-বিভব** (standard electrode potential)। এই তড়িৎ-বিভব নির্ণয়ের জন্য ধাতব তড়িৎ-দ্বারটিকে একটি আপেক্ষিক বা সহায়ক তড়িৎ-দ্বারের (Reference electrode) সঙ্গে যুক্ত করা প্রয়োজন হয়। আপেক্ষিক তড়িৎ-দ্বার রূপে ব্যবহৃত হয় সাধারণত প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎ-দ্বার (Normal hydrogen electrode)—এটি হল IM (বা IN) HCl দ্রবণে নিমজ্জিত প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার যেখানে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্রবণটির মধ্যে প্রবাহিত করা হতে থাকে। প্রচলিত প্রথা অনুযায়ী হাইড্রোজেনের প্রমাণ তড়িৎ-বিভবের মান 0 ধরা হয় এবং এই আপেক্ষিককেই অন্য মৌলগুলির তড়িৎ-বিভব নির্ণীত হয়। ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেম সমন্বিত যে তড়িৎ-দ্বার সেটিকে অর্ধ-কোষ (Half-cell) বলা হয়, এটিকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎ-দ্বার (অপর অর্ধ-কোষ)-এর সঙ্গে যুক্ত করলে কোষটি সম্পূর্ণ হয়। এই সম্পূর্ণ কোষের সঙ্গে তড়িৎ-বিভব নির্ণায়ক যন্ত্র যেমন পোটেনসিওমিটার (potentiometer) যুক্ত করে যে

তড়িৎ-বিভব নির্ণীত হয় তা থেকে হাইড্রোজেনের প্রমাণ তড়িৎ-বিভবের মান (অর্থাৎ, 0) বাদ দিলেই ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমের তড়িৎ-বিভবের মান পাওয়া যায়। কোন ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমের **প্রমাণ জারণ-বিভব** উচ্চ মান সম্পন্ন হলে বুঝতে হবে ধাতুটির জারিত হবার প্রবণতা বেশী, অর্থাৎ ধাতব পরমাণুর ধাতব আ ন গঠনের প্রবণতা বেশী (মনে রাখতে হবে, জারণের অর্থ ইলেকট্রন ত্যাগ)। জারণ-বিভব নিম্নমান সম্পন্ন হলে পরমাণুর পজিটিভ আয়ন গঠনের প্রবণতা কম হবে।

অপরপক্ষে, **প্রমাণ বিজারণ-বিভব** উচ্চ মান সম্পন্ন হলে ধাতব আয়নের ধাতব পরমাণু গঠনের প্রবণতা, অর্থাৎ আয়নের বিজারিত হবার প্রবণতা বেশী হবে (বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ)। একটি বিষয় বিশেষভাবে উল্লেখ করা প্রয়োজন, তা হল যে কোন পরমাণু-আয়ন সিস্টেমের প্রমাণ জারণ-বিভব ঐ সিস্টেমের প্রমাণ বিজারণ-বিভবের সমমান সম্পন্ন কিন্তু এদের চিহ্ন বিপরীত ধর্মী, অর্থাৎ $E^0_{0x} = -E^0_{Red}$, যেখানে E^0_{0x} হল প্রমাণ জারণ-বিভব এবং E^0_{Red} হল প্রমাণ বিজারণ-বিভব।

ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমসমূহের ক্রমবর্ধমান প্রমাণ বিজারণ-বিভবের মান অনুযায়ী বা ক্রমহ্রাসমান প্রমাণ জারণ-বিভবের মান অনুযায়ী ধাতুগুলিকে পর পর একটি শ্রেণীতে সাজালে সেই শ্রেণীকে ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী (Electropotential series of metals) **বলে, এই শ্রেণীতে হাইড্রোজেনও বর্তমান থাকে।**

বা, অন্যভাবে বলা যায়ঃ **দ্রবণে পজিটিভ ধাতব আয়নের ধাতব পরমাণু গঠনের ক্রমবর্ধমান প্রবণতা অনুযায়ী বা ধাতব পরমাণুর পজিটিভ ধাতব আয়ন গঠনের ক্রমহ্রাসমান প্রবণতা অনুযায়ী ধাতুগুলিকে একটি শ্রেণীতে ক্রমান্বয়ে বিন্যস্ত করলে, সেই শ্রেণীকে বলে ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী।** এই শ্রেণীর কিছুটা অংশ সারণী 4.3-এ দেখানো হল। সারণীতে অবশ্য প্রতিটি সিস্টেমের প্রমাণ বিজারণ-বিভব এবং প্রমাণ জারণ-বিভব উভয়েরই মান দেওয়া হল উপরে তড়িৎ-বিভব শ্রেণীর যে সংজ্ঞা দেওয়া হয়েছে সেটি সম্যকভাবে বুঝবার সুবিধার্থেঃ

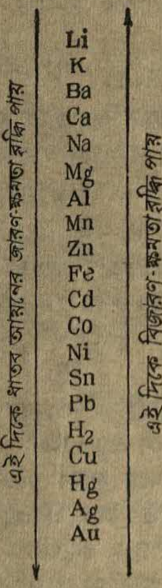
সারণী 4.3ঃ ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী

সিস্টেম	তড়িৎ-দ্বার বিক্রিয়া (জারণ)	প্রমাণ জারণ-বিভব (ভোল্ট)	প্রমাণ বিজারণ-বিভব (ভোল্ট) (তড়িৎ-দ্বার বিক্রিয়া ঠিক বিপরীত হবে)
Li/Li^+	$Li \rightleftharpoons Li^+ + e$	+3.04	−3.04
K/K^+	$K \rightleftharpoons K^+ + e$	+2.92	−2.92
Ba/Ba^{2+}	$Ba \rightleftharpoons Ba^{2+} + 2e$	+2.90	−2.90
Ca/Ca^{2+}	$Ca \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2e$	+2.87	−2.87
Na/Na^+	$Na \rightleftharpoons Na^+ + e$	+2.71	−2.71
Mg/Mg^{2+}	$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e$	+2.37	−2.37
Al/Al^{3+}	$Al \rightleftharpoons Al^{3+} + 3e$	+1.66	−1.66
Mn/Mn^{2+}	$Mn \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2e$	+1.18	−1.18
Zn/Zn^{2+}	$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e$	+0.76	−0.76
Fe/Fe^{2+}	$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e$	+0.44	−0.44
Cd/Cd^{2+}	$Cd \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2e$	+0.40	−0.40
Co/Co^{2+}	$Co \rightleftharpoons Co^{2+} + 2e$	+0.29	−0.29
Ni/Ni^{2+}	$Ni \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2e$	+0.22	−0.22
Sn/Sn^{2+}	$Sn \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2e$	+0.13	−0.13
Pb/Pb^{2+}	$Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e$	+0.12	−0.12
H_2/H^+	$H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e$	0.00	0.00
Cu/Cu^{2+}	$Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$	−0.34	+0.34
Hg/Hg_2^{2+}	$2Hg \rightleftharpoons Hg_2^{2+} + 2e$	−0.79	+0.79
Ag/Ag^+	$Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e$	−0.80	+0.80
Hg/Hg^{2+}	$Hg \rightleftharpoons Hg^{2+} + 2e$	−0.86	+0.86
Au/Au^{3+}	$Au \rightleftharpoons Au^{3+} + 3e$	−1.50	+1.50

4.13 ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণীর প্রয়োগ

ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী থেকে অনেক গুরুত্বপূর্ণ তথ্য জানা যেতে পারে :

(1) **ধাতুর বিজারণ ক্ষমতা বা জারিত হবার প্রবণতা :** শ্রেণী শীর্ষে অবস্থিত ধাতুর বিজারণ-ক্ষমতা (reducing power) বা জারিত হবার প্রবণতা (অর্থাৎ, ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা) খুবই বেশী, যত নীচের দিকে অবতরণ করা যাবে ধাতুগুলির বিজারণ-ক্ষমতা ক্রমান্বয়ে ততই কমে আসবে। শ্রেণীর নীচের দিক থেকে উপরে আরোহণ করলে ঠিক উল্টো ঘটনাটি ঘটবে। অর্থাৎ, যত উপরের দিকে অগ্রসর হওয়া যাবে, ধাতুগুলি অধিকতর বিজারণ ক্ষমতা সম্পন্ন হবে। শ্রেণী-শীর্ষে অবস্থিত ধাতু লিথিয়ামের বিজারণ-ক্ষমতা সবচেয়ে বেশী, শ্রেণীর নীচে অবস্থিত ধাতু গোল্ডের বিজারণ-ক্ষমতা সবচেয়ে কম। বিষয়টি চিত্রাকারে (চিত্র 4.2) দেখানো হল :



চিত্র : 4.2

(2) **হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন ক্ষমতা :** শ্রেণী তালিকায় হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতু জল বা লঘু অজারক অ্যাসিড থেকে এবং কোন কোন ধাতু ক্ষার দ্রবণ থেকে (কোন কোন ধাতু আবার গাঢ় অজারক অ্যাসিড থেকে) হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে, কিন্তু শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে অবস্থিত ধাতু সেটি পারে না। যেমন, Zn লঘু H_2SO_4 দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে, Cu কিন্তু এটি পারে না। (লেড তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত হওয়া সত্ত্বেও লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে H_2 প্রতিস্থাপন করতে পারে না। তার কারণ অবশ্য অন্য—এই কারণ হল লেডের উপর অদ্রাব্য লেড ক্লোরাইড বা লেড সালফেট-এর আস্তরণ পড়ায় লেডের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়া সম্ভব হতে পারে না। উত্তপ্ত লঘু বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে লেডের কিন্তু কোন অসুবিধা হয় না।

(3) **রাসায়নিক সক্রিয়তা এবং পরা-তড়িৎধর্মিতা :** শ্রেণীটির যত নীচের দিকে নামা যাবে (অর্থাৎ, ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমের প্রমাণ জারণ-বিভবের মান যত কমে যাবে, বা প্রমাণ বিজারণ-বিভবের মান যত বৃদ্ধি পাবে) ধাতুর রাসায়নিক সক্রিয়তা এবং পজিটিভ আয়ন গঠনের প্রবণতা কমে যাবে, পরা-তড়িৎধর্মিতা বা তড়িৎ-ধনাত্মকতা (Electro-positive character) ক্রমান্বয়ে কমে যাবে, পজিটিভ ধাতব আয়নের ধাতব পরমাণুতে বিজারিত হবার প্রবণতা তত বেড়ে যাবে (স্মর্তব্য : প্রমাণ বিজারণ-বিভব উচ্চ মান সম্পন্ন হবার অর্থই হল পজিটিভ ধাতব আয়নের ধাতব পরমাণুতে বিজারিত হবার উচ্চ প্রবণতা)। এর ফলে শ্রেণীর উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু নিম্নতর স্থানে অবস্থিত ধাতুকে তার যৌগ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। কিন্তু, **সাধারণত** বিপরীত ক্রিয়াটি হয় না, অর্থাৎ নিম্নতর স্থানে অবস্থিত ধাতু উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতুকে তার যৌগ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে না। আলোচনার প্রারম্ভেই এর উদাহরণ দেওয়া হয়েছে। অর্থাৎ, $CuSO_4$ দ্রবণ থেকে Cu, Zn দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে পারে, কিন্তু $ZnSO_4$ দ্রবণ থেকে Zn, Cu দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে পারে না, কারণ তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে Zn-এর স্থান Cu-এর উপরে, অর্থাৎ, Zn/Zn^{2+} সিস্টেমের প্রমাণ জারণ-বিভবের মান Cu/Cu^{2+} সিস্টেমের ঐ মান থেকে উচ্চতর—তাই Zn-এর Zn^{2+} আয়ন গঠনের প্রবণতা Cu-এর Cu^{2+} আয়ন গঠনের প্রবণতার তুলনায় অনেক বেশী। অপরপক্ষে, Cu^{2+} আয়নের Cu-এ বিজারিত হবার প্রবণতা Zn^{2+} আয়নের Zn-এ বিজারিত হবার প্রবণতার তুলনায় অনেক বেশী (কারণ, Cu/Cu^{2+} সিস্টেমের প্রমাণ বিজারণ-বিভবের মান Zn/Zn^{2+} সিস্টেমের ঐ মান থেকে উচ্চতর)।

[এই প্রসঙ্গে একটি বিষয় উল্লেখ্য। যে কোন ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেম সমন্বিত তড়িৎ-দ্বার অর্ধ-কোষ গঠন করে সে কথা পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে। অপর কোন ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেম সমন্বিত তড়িৎ-দ্বার প্রথম তড়িৎ-দ্বারটির সঙ্গে যুক্ত করলে যে পূর্ণ তড়িৎ-কোষের সৃষ্টি হয় পোটেনসিওমিটারের সঙ্গে ঐ তড়িৎ-কোষ যুক্ত করে মোট তড়িৎ-বিভব নির্ণীত হতে পারে। প্রমাণ অবস্থায় নির্ণীত তড়িৎ-বিভব অর্ধকোষ দুটির প্রমাণ তড়িৎ-বিভবের সমষ্টি। এখন, তড়িৎ-কোষের একটি তড়িৎ-দ্বারে অবশ্যই জারণ-ক্রিয়া এবং অপর তড়িৎ-দ্বারে অবশ্যই বিজারণ-ক্রিয়া হবে, কাজেই প্রমাণ অবস্থায় নির্ণীত মোট তড়িৎ-বিভব একটি সিস্টেমের প্রমাণ জারণ-বিভব এবং অপর সিস্টেমের প্রমাণ বিজারণ-বিভবের যোগফল হবে। অর্থাৎ, গাণিতিকভাবে $E^0 = E^0_{ox_1} + E^0_{Red_2}$, যেখানে E^0 = প্রমাণ অবস্থায় নির্ণীত মোট তড়িৎ-বিভব, $E^0_{ox_1}$ = যে সিস্টেম জারিত হচ্ছে তার প্রমাণ জারণ-বিভব, $E^0_{Red_2}$ = যে সিস্টেম বিজারিত হচ্ছে সেটির প্রমাণ বিজারণ-বিভব। এখন, E^0-এর নির্ণীত মান যদি পজিটিভ হয় তবে স্বাভাবিক অবস্থায় প্রথম সিস্টেমটি জারিত (অর্থাৎ, ধাতব পরমাণু ধাতব আয়নে পরিণত) এবং দ্বিতীয় সিস্টেমটি বিজারিত (অর্থাৎ, ধাতব আয়ন পরমাণুতে পরিণত) হবে। কিন্তু E^0-এর নির্ণীত মান যদি নেগেটিভ হয় তবে ঠিক এর বিপরীত বিক্রিয়াটিই হবে—অর্থাৎ, প্রথম সিস্টেমটি বিজারিত এবং দ্বিতীয় সিস্টেমটি জারিত হবে। উদাহরণস্বরূপ, সেই Zn/Zn^{2+} এবং Cu/Cu^{2+} সিস্টেমের কথাই ধরা যাক। যদি প্রথম সিস্টেমটির ক্ষেত্রে জারণ $(Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e)$ এবং দ্বিতীয় সিস্টেমটির ক্ষেত্রে বিজারণ $(Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu)$ হয় তবে $E^0 = E^0_{ox_1} + E^0_{Red_2}$, বা, $E^0 = +0.76$ ভোল্ট $+ 0.34$ ভোল্ট $= +1.10$ ভোল্ট। অর্থাৎ, E^0-এর মান পজিটিভ। কাজেই এই বিক্রিয়াটিই হবে স্বাভাবিক, অর্থাৎ, স্বাভাবিক বিক্রিয়া হবে $Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$. যদি এর উল্টো বিক্রিয়া হত, অর্থাৎ, Cu/Cu^{2+} সিস্টেমের ক্ষেত্রে জারণ $(Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e)$ এবং Zn/Zn^{2+} সিস্টেমের ক্ষেত্রে বিজারণ $(Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn)$ হত তবে E^0-এর মান হত, $E^0 = -0{\cdot}34 - 0{\cdot}76 = -1{\cdot}10$ ভোল্ট। E^0-এর মান এক্ষেত্রে যেহেতু নেগেটিভ তাই এই বিক্রিয়াটি (অর্থাৎ, $Cu + Zn^{2+} = Cu^{2+} + Zn$) আদৌ স্বাভাবিক নয়।

যে ধরনের তড়িৎ-কোষের কথা এতাবৎ বর্ণনা করা হল তাকে গ্যালভানিক কোষ (**Galvanic cell**) বা ভোল্টাইক কোষ (**Voltaic Cell**) বলা হয়। এই ধরনের কোষ চিত্রাকারে উপস্থাপিত করা যেতে পারে এইভাবে ঃ

$$Zn \mid Zn^{2+}(1M) \parallel Cu^{2+}(1M) \mid Cu$$

প্রথা হল যে তড়িৎ-দ্বারে জারণ হয় (অর্থাৎ, অ্যানোড) সেটিকে চিত্রের বাঁদিকে লেখা এবং যে তড়িৎ-দ্বারে বিজারণ হয় (ক্যাথোড) সেই তড়িৎ-দ্বারকে চিত্রের ডানদিকে লেখা। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎ-দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত জিঙ্ক তড়িৎ-দ্বারকে এইভাবে চিত্রাকারে প্রকাশ করা যেতে পারে ঃ

$$Zn \mid Zn^{2+}(1M) \parallel H^+(1M), H_2\ (g)\ (\text{এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}) \mid Pt$$

এই চিত্রের অর্থ হল ঃ জিঙ্ক দণ্ড 1M Zn^{2+} সমন্বিত দ্রবণে নিমজ্জিত অবস্থায় অ্যানোড গঠন করেছে। ক্যাথোডে H^+ সমন্বিত 1M দ্রবণে (সাধারণত HCl দ্রবণে) প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বার নিমজ্জিত এবং দ্রবণে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে H_2 গ্যাস প্রবাহিত করা হয়।

অর্ধ-কোষ গঠনকারী সিস্টেমের তড়িৎ-বিভবকে অর্ধ-কোষ বিভবও (**Half-cell potential**) বলা হয়ে থাকে।]

(4) **ধাতব অক্সাইডের সুস্থিতি এবং অক্সাইডের ক্ষারকীয়তা :** তড়িৎ-বিভব শ্রেণীর যত নীচের দিকে যাওয়া যায়, ধাতুগুলির পরা তড়িৎ-ধর্মিতা তত কমে আসে, সঙ্গে সঙ্গে ধাতব-অক্সাইডের সুস্থিতি কমে আসে। শ্রেণীর নীচের দিকে অবস্থিত ধাতু মারকারির অক্সাইড HgO এবং সিলভারের অক্সাইড Ag_2O উত্তপ্ত করলেই ভেঙ্গে যায় (ধাতু এবং অক্সিজেনে)।

শ্রেণীর উপর থেকে নীচের দিকে অবতরণের সঙ্গে সঙ্গে ধাতুগুলির পরা তড়িৎ-ধর্মিতা কমে আসে, ফলে ধাতব অক্সাইডের ক্ষারকীয় ধর্মও **সাধারণত** ক্রমান্বয়ে কমে আসে, যেমন Na_2O, Al_2O_3-এর তুলনায় অনেক বেশী ক্ষারকীয়।

প্রশ্ন : 4.39 "প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎ-দ্বার" বলতে কি বোঝা যায়? এই তড়িৎ-দ্বারের তড়িৎ-বিভবের মান কত ধরা হয়?

4.40 ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী প্রস্তুতি সম্পর্কে নীচের বিবৃতিগুলির কোন্ কোন্‌টি সঠিক এবং কোন্ কোন্‌টি সঠিক নয়?

(a) শ্রেণীটি প্রস্তুত করা হয় ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমগুলির প্রমাণ বিজারণ-বিভবের ক্রমবর্ধমান মান অনুযায়ী ধাতুগুলিকে পর পর বিন্যস্ত করে।

(b) শ্রেণীটি প্রস্তুত করা হয় ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমগুলির প্রমাণ জারণ-বিভবের ক্রমবর্ধমান মান অনুযায়ী ধাতুগুলিকে পর পর সাজিয়ে।

(c) শ্রেণীটি প্রস্তুত করা হয় ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমগুলির প্রমাণ বিজারণ-বিভবের ক্রমহ্রাসমান মান অনুযায়ী ধাতুগুলিকে পর পর সাজিয়ে।

(d) শ্রেণীটি প্রস্তুত করা হয় ধাতু-ধাতব আয়ন সিস্টেমগুলির প্রমাণ জারণ-বিভবের ক্রমহ্রাসমান মান অনুযায়ী ধাতুগুলিকে পর পর সাজিয়ে।

4.41 ফেরাস সালফেট দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম পাত ডোবালে কোন বিক্রিয়া হবে কি? অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে লোহার পাত ডোবালে?

4.42 ধাতব লিথিয়াম এবং ধাতব অ্যালুমিনিয়াম—এদের মধ্যে কোন্‌টি তীব্রতর বিজারক দ্রব্য?

4.43 গোল্ড বা সিলভার কি লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করতে পারে? ম্যাগনেসিয়াম কি পারে?

4.44 নীচের ধাতু-জোড়গুলির মধ্যে রাসায়নিক সক্রিয়তা কোন্‌টির তুলনামূলকভাবে বেশী হবার সম্ভাবনা?

(a) Li, Mg (b) Zn, Cd (c) Na, Al (d) Fe, Cu

4.45 নীচের ধাতুগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতার ক্রম অনুসারে এদের সাজাতে চেষ্টা কর—

Na, Zn, Mg, Cu, Pb, Hg, Au, Ag

4.46 তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে লেডের অবস্থান হাইড্রোজেনের উপরে হওয়া সত্ত্বেও লঘু H_2SO_4 বা লঘু ও শীতল HCl দ্রবণ থেকে লেড হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করতে পারে না। কেন?

4.47 Na_2O, Al_2O_3 এবং MgO-এর মধ্যে কোন্‌টির ক্ষারকীয়তা সবচেয়ে বেশী এবং কোন্‌টির সবচেয়ে কম হবার সম্ভাবনা?

4.48 নীচে যে অক্সাইডগুলি দেওয়া হল এদের মধ্যে কোন্ কোন্‌টিকে সরাসরি উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন পাবার সম্ভাবনা?

Na_2O, MgO, HgO, CaO, ZnO, Ag_2O

অনুশীলনী

1. জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ ভিত্তিক সংজ্ঞা এবং জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণা ভিত্তিক সংজ্ঞা দাও। দুটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
2. "জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত সাধারণ মতবাদ এবং আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ পুরোপুরি পরস্পর-বিরোধী নয়"—উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

3. "জারণ-বিজারণ ক্রিয়া সর্বদা একসঙ্গেই ঘটে থাকে"—আলোচনা কর। $C + O_2 = CO_2$ এই বিক্রিয়ায় C ইলেকট্রন ত্যাগ করে না, বা O ইলেকট্রন গ্রহণ করে না। তবুও কি বিক্রিয়াটিকে আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গীতে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বলা যায়?
4. জারণ-সংখ্যার একটি সংজ্ঞা দাও। জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণা দেবার প্রয়োজনীয়তা কি? জারণ-সংখ্যা এবং যোজ্যতার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?
5. জারণ-সংখ্যা নির্ণয়ে যে প্রথাগত নিয়মাবলী সচরাচর অনুসৃত হয়ে থাকে সেগুলি বিবৃত কর। জারণ-সংখ্যা নির্ণয় কর।
   (a) HNO_3তে N-এর,
   (b) H_3PO_4-এ P-এর,
   (c) $Na_2S_2O_3$তে S-এর,
   (d) $Cr_2O_7{}^{2-}$-এ Cr-এর,
   (e) Na_2O_2তে O-এর,
   (f) $IO_6{}^{5-}$-এ I-এর।
6. নীচের বিক্রিয়াগুলির কোন্ কোন্‌টি জারণ-বিজারণ এবং কোন্ কোন্‌টি নয়? [জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ পদ্ধতিতে বল]
   (a) $PbCl_2 + H_2S = PbS + 2HCl$
   (b) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$
   (c) $KBr + AgNO_3 = AgBr + KNO_3$
   (d) $2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$
   (e) $Pb(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = PbCrO_4 + 2KNO_3$
   (f) $Cl_2 + H_2O = HCl + HClO$
7. নীচের সমীকরণগুলিকে জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে সমিত কর:
   (a) $H_2S + Cl_2 \rightarrow S + HCl$
   (b) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$
   (c) $KMnO_4 + HCl \rightarrow KCl + Cl_2 + MnCl_2 + H_2O$
   (d) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$
   (e) $K_2Cr_2O_7 + SO_2 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$
   (f) $KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + O_2$
8. জারণ এবং বিজারণ বলতে কি বোঝা যায় ব্যাখ্যা কর। নীচে যে পদার্থগুলির উল্লেখ করা হয়েছে তাদের যে কোন চারটিকে জারক দ্রব্য বা বিজারক দ্রব্য রূপে চিহ্নিত কর এবং জারক বা বিজারক রূপে এদের ব্যবহারের সপক্ষে একটি করে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও:
   (a) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, (b) কার্বন মনোক্সাইড, (c) নাইট্রিক অ্যাসিড, (d) সালফিউরিক অ্যাসিড, (e) ক্লোরিন, (f) কপার অক্সাইড, (g) হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড, (h) সালফার ডাই-অক্সাইড। [H. S. Comp. 1965]
9. জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য বলতে কি বোঝায়? এমন দুটি পদার্থের উল্লেখ কর যারা জারক এবং বিজারক উভয়রূপেই ক্রিয়া করতে পারে। জারক এবং বিজারকরূপে এদের বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।
10. "জারণ-সংখ্যা" এবং জারণ, "জারণ-সংখ্যা" এবং বিজারণ কিভাবে পরস্পরের সঙ্গে সম্পর্কিত? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
11. ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-বিভব শ্রেণী বলতে কি বোঝা যায়? এই শ্রেণী থেকে ধাতব মৌলগুলির পরা-তড়িৎধর্মিতা রাসায়নিক সক্রিয়তা, বিজারণ ক্ষমতা—এই সব ধর্মের একটি তুলনামূলক চিত্র কিভাবে পাওয়া যায় সংক্ষেপে সে সম্পর্কে আলোচনা কর।

দ্বিতীয় পর্ব

অজৈব রসায়ন

[INORGANIC CHEMISTRY]



ধাতু নিষ্কাশন রসায়ন [METALLURGICAL CHEMISTRY] 1

Syllabus : Ores and Minerals, Fluxes, Slags and Gangues. General Principles of metallurgy including carbon reduction, Self-Reduction, Electrolytic Reduction and Electrorefining. Extraction of the following metals (omitting details) :
Na, Ca, Cu, Zn, Al, Fe.
Steel—Manufacture (Bessemer and Openhearth process only).
Alloys and Amalgums.

1.1 সূচনা (Introduction)

মানবসভ্যতার ইতিহাস পর্যালোচনা করলে সভ্যতার ক্রমোন্নতির পর্বগুলিকে এইভাবে ভাগ করা যায়ঃ প্রস্তরযুগ, তাম্রযুগ, ব্রোঞ্জযুগ, লৌহযুগ এবং আধুনিক ইস্পাত সভ্যতার যুগ ও পারমাণবিক যুগ।

প্রস্তরযুগের আদিম মানুষের কাছে ধাতুর ব্যবহার ছিল অজানা। ধাতুর ব্যবহার মানুষ প্রথম শেখে আনুমানিক খ্রীষ্টপূর্ব 2500 অব্দে সম্ভবত কপার বা তামা ব্যবহারের মাধ্যমে। মিশরীয়রাই প্রথম তামার ব্যবহারে সমর্থ হয় বলে বিজ্ঞানীদের বিশ্বাস। ক্রমে মানুষ দেখলো কপারের সঙ্গে টিনের মিলনে উদ্ভূত ব্রোঞ্জ অধিকতর কাঙ্ক্ষিত ধর্মাবলী সম্পন্ন, তখন থেকেই ব্রোঞ্জযুগের সূচনা। আনুমানিক 1200 খ্রীষ্টপূর্বাব্দে সংঘটিত ট্রোজানের যুদ্ধে ব্রোঞ্জ নির্মিত যুদ্ধাস্ত্র ব্যবহৃত হয়েছিল। এর পর লৌহযুগ থেকেই মানুষের সভ্যতার দ্রুত অগ্রগতির জয়যাত্রা চলেছে।

প্রকৃতপক্ষে বহু প্রাচীনকাল থেকেই কয়েকটি ধাতুর ব্যবহার যে মানুষের জানা ছিল, বিভিন্ন সূত্র থেকে তা জানা যায়। এই ধাতুগুলি হলঃ কপার, আয়রন, গোল্ড, সিলভার, টিন, অ্যান্টিমনি, লেড—ওল্ড টেস্টামেণ্ট এবং গ্রীক লেখকদের বর্ণনায় এই সব ধাতুর ব্যবহারের উল্লেখ পাওয়া যায়। গ্রীক দার্শনিক অ্যারিস্টটল (384—322 খ্রীষ্টপূর্বাব্দ) পারদ বা মারকারির উল্লেখ করেছেন এবং স্ট্র্যাবো (7 খ্রীষ্টপূর্বাব্দ) জিংক বা দস্তার ব্যবহারের উল্লেখ করেছেন। অন্যান্য ধাতুর ব্যবহার শুরু হতে পেরেছে অনেক কাল পরে—ষোড়শ এবং সপ্তদশ শতাব্দীতে।

ভারতীয় ভূখণ্ডেও সুপ্রাচীন কাল থেকে ধাতুর ব্যবহার জানা ছিল বলে অনেক বিশেষজ্ঞ মনে করেন। এঁদের বিশ্বাস—পারদ ও লোহার ব্যবহার ভারতেই প্রথম শুরু হয়। সভ্যতার অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে ধাতু এবং ধাতু সংকরের ব্যবহার শিল্প, ভাস্কর্য, ওষুধ প্রস্তুতি এবং গৃহস্থালী কাজে প্রচুর পরিমাণে বৃদ্ধি পেতে থাকে। মানবসভ্যতার অগ্রগতির মূলে ধাতুর অবদান অপরিসীম। আমাদের জানা মৌলগুলির তিন-চতুর্থাংশেরও বেশী হল ধাতু।

সামান্য দু-চার কথায় ধাতুর সংজ্ঞা দেওয়া যদিও কঠিন, তবুও মোটামুটিভাবে বলা যায়—কেলাসাকার গঠনবিশিষ্ট কোন মৌল যদি উজ্জ্বল আভা সম্পন্ন (যাকে বলা হয় ধাতব ঔজ্জ্বল্য) এবং তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী হয় তবে সেই মৌলকে ধাতু বলা যায়। আরও কয়েকটি সাধারণ ধর্ম, যেমন—উচ্চ প্রসারণশীলতা, কাঠিন্য, অস্বচ্ছতা, নমনীয়তা, ঘাতসহনশীলতা, উচ্চ ঘনত্ব এসবও ধাতুর সাধারণ লক্ষণ রূপে গণ্য হয়ে থাকে। (অবশ্য এমন কিছু ধাতুও আছে যাদের মধ্যে উপরে উল্লেখিত সাধারণ ধাতব ধর্মাবলীর প্রত্যেকটি ধর্মই লক্ষিত হয় না। আবার, অনেক অধাতব মৌলেরও কিছু ধাতব ধর্ম থাকতে পারে।) (এ সম্পর্কিত বিস্তৃততর আলোচনা পরবর্তী অধ্যায়ে করা হল)।

ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের বিচারে ধাতুগুলিকে কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে। ধাতু সাধারণত উচ্চ ঘনত্ব সম্পন্ন বস্তু, যে সব ধাতুর ঘনত্ব 6-এর কম তাদের **হাল্কা ধাতু** (light metal) বলা হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম এই শ্রেণীর মৌল। যে সকল ধাতুর ঘনত্ব 6-এর বেশী তারা ভারী ধাতু (heavy metal) নামে পরিচিত। তামা, সোনা, প্ল্যাটিনাম, সীসা, আয়রন, কোবাল্ট, নিকেল, মারকারি, জিঙ্ক প্রভৃতি এই শ্রেণীর ধাতু। ধাতুগুলির সদৃশ ব্যবহার এবং ধর্মের ভিত্তিতে এগুলিকে আবার কয়েকটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়েছে; যেমন, (i) **ক্ষারীয় ধাতু** (alkalimetals): সোডিয়াম (Na), পটাসিয়াম (K), রুবিডিয়াম (Rb), সিজিয়াম (Cs) এবং ফ্রান্সিয়াম (Fr) প্রভৃতি নিয়ে ক্ষারীয় ধাতুর পরিবার বা শ্রেণী গঠিত। (ii) **ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু** (alkaline earth metals): ক্যালসিয়াম (Ca), বেরিয়াম (Ba), স্ট্রনসিয়াম (Sr) প্রভৃতি এই শ্রেণীর ধাতু, (iii) **বর ধাতু বা মুদ্রা ধাতু** (Noble or coinage metals): কপার (Cu), সিলভার (Ag), গোল্ড (Au) প্রভৃতি।

প্রশ্ন 1.1 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক এবং কোন্‌টি ভুল বল—

(ক) ধাতুর ব্যবহার খুব একটা বেশী দিন শুরু হয় নি।

(খ) (i) সব ধাতুই কঠিন, (ii) প্রায় সব ধাতুই কঠিন, (iii) প্রায় সব ধাতুই তরল।

(গ) সাধারণত ধাতুগুলি তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী হয় না।

(ঘ) কয়েকটি অধাতুর মধ্যেও কিছু ধাতব ধর্ম লক্ষিত হতে পারে।

(ঙ) সাধারণত ধাতুগুলি নিম্ন ঘনত্ব সম্পন্ন হয়ে থাকে।

1.2 যে উক্তিটি ঠিক তার পাশে (√) চিহ্ন দাও:

(ক) সোডিয়াম হল	(i) হাল্কা ধাতু,	(ii) ভারী ধাতু।
(খ) আয়রন হল	(i) হাল্কা ধাতু,	(ii) ভারী ধাতু।
(গ) কপার হল	(i) ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু,	(ii) মুদ্রা ধাতু।
(ঘ) ক্যালসিয়াম হল-	(i) ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু,	(ii) ক্ষারীয় ধাতু।

1.3 (ক) ধাতুর একটি সংক্ষিপ্ত সংজ্ঞা দাও। সকল ধাতুই কি এই সংজ্ঞার পরিধিতে আসবে বলে তোমার মনে হয়?

(খ) ক্ষারীয় ধাতু কোন্‌গুলি? ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু কোন্‌গুলি? বর ধাতুই বা কোন্‌গুলি?

(গ) কোন্ ধাতুগুলিকে হাল্কা ধাতু বলে? কোন্ ধাতুগুলিকে ভারী ধাতু বলে?

1.4 এমন কয়েকটি ধাতুর নাম কর যেগুলির ব্যবহার সুপ্রাচীনকাল থেকে প্রচলিত।

1.2 প্রকৃতিতে ধাতুর অবস্থান (Occurrence of metals in nature)

অধিকাংশ ধাতব মৌল অধাতব মৌলের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, অর্থাৎ প্রকৃতিতে এই সব ধাতু বিভিন্ন যৌগরূপে অবস্থান করে; যেমন অক্সাইড, কার্বনেট, সালফাইড, সালফেট, নাইট্রেট, হ্যালাইড, ফসফেট, সিলিকেট ইত্যাদি রূপে। স্বল্প সক্রিয় কয়েকটি ধাতু যথা সোনা, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি মুক্ত মৌলরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। আবার কিছু কিছু ধাতু মৌল এবং যৌগ দুই অবস্থাতেই প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, যেমন সিলভার বা রুপা। যে সব ধাতু সক্রিয় (যেমন Na, K, Ca, Mg, Al ইত্যাদি) তাদের মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে কখনও পাওয়া যায় না। প্রকৃতিতে অবস্থিত কিছু মুক্ত ধাতু এবং ধাতব যৌগের উদাহরণ সারণী 1.1-এ দেওয়া হল। (এখানে একটি বিষয় উল্লেখ্য: **সাধারণত** সেই সব ধাতব যৌগই প্রকৃতিতে পাওয়া যায় যেগুলি জলে অদ্রাব্য; কারণ জলে দ্রাব্য যৌগগুলি দীর্ঘকালব্যাপী জলে ধৌত হয়ে সমুদ্র, নদী, লেকের জলে মিশে যায়।)

সারণী 1.1 : প্রকৃতিতে অবস্থিত কতিপয় ধাতু এবং ধাতব যৌগ

যৌগের প্রকৃতি	খনিজের বা আকরিকের নাম
মুক্ত ধাতু (Native metals)	Cu, Ag, Au (পর্যায়-সারণীর গ্রুপ IB ভুক্ত) Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt (প্ল্যাটিনাম পরিবার)
অক্সাইড (Oxides)	জিংকাইট (Zincite) ZnO বক্সাইট (Bauxite) Al_2O_3, $2H_2O$ ক্যাসিটেরাইট (Cassiterite) SnO_2 ইলমেনাইট FeO, TiO_2 বা $FeTiO_3$ ভ্যালেনটাইনাইট (Valentinite) Sb_2O_3 ক্রোমাইট (Chromite) $FeO. Cr_2O_3$ বা $FeCr_2O_4$ উলফেনাইট (Wulfenite) PbO, MoO_3 বা $PbMoO_4$ উলফ্রেমাইট (Wolframite) $FeO.WO_3$ বা $FeWO_4$ পিচব্লেন্ড (Pitchblende) U_3O_8 পাইরোলুসাইট (Pyrolusite) MnO_2 ব্রনাইট (Braunite) Mn_2O_3 ম্যাঙ্গানাইট (Manganite) $MnO(OH)$ হিমাটাইট (Haematite) Fe_2O_3 লিমোনাইট (Limonite) $Fe_2O_3.H_2O$ বা $FeO(OH)$ ম্যাগনেটাইট (Magnetite) Fe_3O_4
ক্ষারকীয় কার্বনেট (Basic carbonates)	ম্যালাকাইট (Malachite) $Cu(OH)_2$, $CuCO_3$ অ্যাজুরাইট (Azurite) $Cu(OH)_2$, $2CuCO_3$
কার্বনেট (Carbonates)	ম্যাগনেসাইট (Magnesite) $MgCO_3$ ডলোমাইট (Dolomite) $MgCO_3.CaCO_3$ লাইমস্টোন, (খড়ি, মার্বেল, ক্যালসাইট, আইসল্যান্ড স্পার) $CaCO_3$ (Limestone, Chalk, Marble, Calcite, Iceland spar) ক্যালামাইন বা জিংক স্পার (Calamine or Zinc spar) $ZnCO_3$ সেরুসাইট (Cerussite) $PbCO_3$ স্প্যাথিক আয়রন আকরিক (Spathic iron ore) $FeCO_3$
সালফাইড (Sulphides)	চ্যালকোসাইট বা কপার গ্লান্স (Chalcocite or Copper glance) Cu_2S কোভেলাইট (Covellite) CuS চ্যালকোপাইরাইট বা কপার পাইরাইট (Chalcopyrite or Copper pyrites) Cu_2S, Fe_2S_3 বরনাইট (Bornite) Cu_3FeS_3 আর্জেন্টাইট বা সিলভার গ্লান্স (Argentite or Silver glance) Ag_2S জিংক ব্লেন্ড (Zinc blende) ZnS গ্যালেনা (Galena) PbS স্টিবনাইট (Stibnite) Sb_2S_3 আয়রন পাইরাইটিস (Iron pyrites) FeS_2 মলিবডেনাইট (Molybdenite) MoS_2 কোবালটাইট (কোবাল্ট গ্ল্যান্স) (Cobaltite) $CoAsS$

যৌগের প্রকৃতি	খনিজের বা আকরিকের নাম
সালফেট (Sulphates)	জিপসাম (Gypsum) $CaSO_4, 2H_2O$ অ্যালুনাইট (Alunite) $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 4Al(OH)_3$ অ্যাঙ্গলিসাইট (Anglesite) $PbSO_4$ সেলিসাইট (Celisite) $SrSO_4$ ব্যারাইট (Barite) $BaSO_4$
ক্লোরাইড (Chlorides)	হ্যালাইট বা রকসল্ট (Halite or rocksalt) NaCl সিলভাইট (Sylvite) KCl কার্নালাইট $KCl, MgCl_2, 6H_2O$ ক্যারারজাইরাইট বা হর্নসিলভার (Carargyrite or horn silver) AgCl
ফসফেট (Phosphates)	মোনাইট (Monite) $Ca_3(PO_4)_2H_2O$ মোনেটাইট (Monetite) $CaHPO_4$ অ্যাম্বলিগোনাইট (Amblygonite) $AlPO_4LiF$ মোনাজাইট (Monazite) $(Ce, Nd, Pr, La)PO_4, Th_3(PO_4)_4$ ব্লু আয়রন আকরিক (Blue iron ore) $Fe_3(PO_4)_2\ 8H_2O$ স্ট্রেঙ্গাইট (Strengite) $FePO_4, 2H_2O$
সিলিকেট (Silicates)	অ্যাসবেস্টস (Asbestos) $CaMg_3(SiO_3)_4$ উলাস্টোনাইট (Wollastonite) $Ca_2(Si_2O_6)$ জারকন (Zircon) $ZrSiO_4$ ট্যাল্ক (Talc) $Mg_3Si_2O_7, 2H_2O$ অলিভাইন (Olivine) Mg_2SiO_4 বেরাইল (Beryl) $Be_3Al_2(SiO_3)_6$

প্রশ্ন : 1.5 নীচের বিবৃতিগুলির যেটি ঠিক তার পাশে (✓) চিহ্ন দাও :

(ক) সক্রিয় ধাতুগুলিকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় (i) পাওয়া যায় (ii) পাওয়া যায় না।

(খ) বর ধাতুগুলিকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় (i) পাওয়া যায় (ii) পাওয়া যায় না।

1.6 প্রতি ক্ষেত্রে একটি করে ধাতুর নাম কর যেটি প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

(ক) মুক্ত ধাতুরূপে (খ) অক্সাইড আকরিকরূপে (গ) সালফাইড আকরিকরূপে (ঘ) কার্বনেট আকরিকরূপে।

1.3 খনিজ পদার্থ ও আকরিক (Minerals and ores)

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে অধিকাংশ ধাতুই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন যৌগরূপে, বিশেষ করে সক্রিয় ধাতুগুলিকে কখনোই মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, কারণ বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয়-বাষ্প ইত্যাদির সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া ঘটে বিভিন্ন যৌগের সৃষ্টি হয়। কয়েকটি স্বল্প-সক্রিয় ধাতু অবশ্য মুক্ত অবস্থাতেই প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। **প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মুক্ত ধাতু বা ধাতব যৌগ সমন্বিত পদার্থকে ঐ ধাতুর খনিজ (mineral) বলে।**

খনিজ পদার্থে এক বা একাধিক ধাতু বা ধাতব যৌগ বর্তমান থাকে এবং এর রাসায়নিক উপাদান সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে। (এখানে একটি বিষয় বিশেষভাবে উল্লেখ্য : খনিজ পদার্থ হতে হলে পদার্থটিকে অবশ্যই অজৈব প্রকৃতির হতে হবে। সেই অর্থে বিজ্ঞানীর দৃষ্টিতে কয়লা,

পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি খনিজ নয়, কারণ এগুলি জৈব পদার্থ। সাধারণভাবে অবশ্য খনি থেকে পাওয়া যায় এমন যে কোনও পদার্থকেই খনিজ বলা হয়ে থাকে)।

কোন একটি ধাতু একাধিক খনিজে থাকতে পারে কিন্তু ঐ খনিজগুলির প্রতিটি থেকে বাণিজ্যিক উপায়ে লাভজনকভাবে ধাতুটি নিষ্কাশিত করা নাও যেতে পারে। **যে খনিজগুলি থেকে সহজে এবং লাভজনক বাণিজ্যিক উপায়ে ধাতু নিষ্কাশিত করা যায় তাদের নির্দিষ্ট ধাতুর আকরিক (ore) বলা হয়।** হিমাটাইট নামক খনিজ পদার্থ থেকে বাণিজ্যিক উপায়ে আয়রন নিষ্কাশিত হয়, সুতরাং হিমাটাইটকে আয়রনের আকরিক বলা হয়, কিন্তু আয়রন পাইরাইটিসে প্রচুর পরিমাণে আয়রন থাকা সত্ত্বেও লাভজনক ভাবে আয়রন নিষ্কাশিত করা যায় না। সুতরাং আয়রন পাইরাইটিসকে আয়রনের আকরিক বলা হয় না। একটি ধাতুর একাধিক আকরিক থাকতে পারে। বক্সাইট ও ক্রায়োলাইট থেকে বাণিজ্যিক ভিত্তিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা হয় কিন্তু সিলিকেট খনিজ চীনামাটি ও ফেলস্পারে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণ প্রচুর হওয়া সত্ত্বেও লাভজনকভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা যায় না। বক্সাইট ও ক্রায়োলাইট অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক। আলোচনা থেকে একটি বিষয় স্বচ্ছরূপে বোধগম্য হয়ঃ তা হল, কোন ধাতুর একটি খনিজে ঐ ধাতুর শতকরা পরিমাণ খুব বেশী হলেই যে ঐ খনিজটি ধাতুটির আকরিকরূপে গণ্য হতে পারে তার কোন অর্থ নেই। খনিজটিকে ঐ ধাতুর আকরিকরূপে গণ্য হতে গেলে প্রথমত বাণিজ্যিক দিক থেকে লাভজনকভাবে ঐ খনিজ থেকে ধাতুটিকে পাওয়া যেতে হবে। দ্বিতীয়ত, খনিজটির রাসায়নিক গঠনও এমন হওয়া প্রয়োজন যাতে খনিজটি থেকে ধাতু নিষ্কাশন সহজেই হতে পারে—ব্যাপারটি যেন দুঃসাধ্য না হয়। অনেক ক্ষেত্রে, কোন ধাতুর খনিজে ধাতুর শতকরা পরিমাণ খুব কম হলেও ঐ খনিজ আকরিকরূপে গণ্য হতে পারে। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে খনিজে ধাতুর পরিমাণ যথেষ্ট বেশী হওয়া সত্ত্বেও ঐ খনিজ ধাতুটির আকরিকরূপে গণ্য হবার যোগ্য নয়।

সোনার খনিজে মাত্র 0·002% সোনা থাকলেও সেই খনিজ সোনার উত্তম আকরিকরূপেই গণ্য হতে পারে। কিন্তু আয়রনের সালফাইড খনিজে 45% আয়রন থাকা সত্ত্বেও ঐ খনিজ আয়রনের আকরিকরূপে গণ্য হবার যোগ্য নয়।

সুতরাং বলা যায়, **সব আকরিকই খনিজ পদার্থ, কিন্তু সব খনিজ পদার্থই আকরিক নয়।**

প্রশ্ন ঃ 1.7 নীচের বিবৃতি দুটির কোন্‌টি সঠিক?

(a) সব খনিজই আকরিক, (b) সব আকরিকই খনিজ।

● **খনিজমল (Gangue)**

কোনও ধাতুর খনিজ পদার্থ ও আকরিকের মধ্যে আসল প্রয়োজনীয় বস্তুটি ছাড়াও অনেক অপ্রয়োজনীয় বস্তু যথা পাথর, বালি, মাটি এবং অনেক ক্ষেত্রে অন্য মৌলের যৌগ ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। এই খনিজে বর্তমান এই অপদ্রব্যগুলিকে **খনিজমল** বলে। অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় আকরিকে খনিজমলের পরিমাণ প্রয়োজনীয় বস্তুটি থেকে অনেক বেশী। খনিজমলের পরিমাণ ও প্রকৃতি আকরিকের অবস্থান ও ঐ স্থানের পরিবেশের উপর নির্ভর করে। কপার পাইরাইটিস (Cu_2S, Fe_2S_3)-এর মধ্যে মাত্র 4-5% কপার থাকে।

1.4 ধাতুবিদ্যা (Metallurgy)

আকরিক থেকে বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন এবং ঐ ধাতুর বিশুদ্ধিকরণ প্রক্রিয়াকে ধাতুবিদ্যা বলে। বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়।

এই ধাপগুলি মোটামুটিভাবে নিম্নরূপ ঃ

(i) আকরিক চূর্ণীকরণ, সজ্জিতকরণ এবং গাঢ়ীকরণ, (ii) গাঢ়ীকৃত আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন, এবং (iii) নিষ্কাশিত ধাতুর বিশোধন।

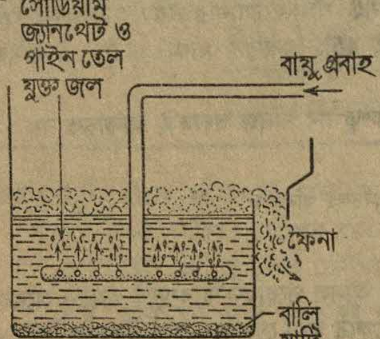
নিষ্কাশন পদ্ধতি কিরূপ হবে তা নির্ভর করে আকরিকের প্রকৃতি এবং ধাতুর ধর্মের উপর। ধাতু নিষ্কাশনের সাধারণ নীতি এবং বিভিন্ন ধাপগুলি পরপৃষ্ঠায় আলোচিত হল ঃ

(1) **আকরিক চূর্ণীকরণ** (Grinding of the ore) ঃ আকরিকযুক্ত পাথরের বড় বড় পিন্ডগুলিকে পাথর ভাঙ্গার যন্ত্রের সাহায্যে কেটে ছোট ছোট করা হয় এবং পরে প্রয়োজন মত সূক্ষ্ম পাউডারে পরিণত করা হয়।

(2) **আকরিকের পরিকর্ম** (Dressing of ore) বা **গাঢ়ীকরণ** (Concentration of ore) ঃ আকরিকের সঙ্গে মিশ্রিত খনিজমল সম্পূর্ণরূপে আলাদা করার প্রয়োজনে যে সকল পদ্ধতির সাহায্য গ্রহণ করা হয় তাকে সামগ্রিকভাবে আকরিকের **পরিকর্ম** বলা হয়। ধাতব আকরিকে কাঁকর, বালি ইত্যাদি অপদ্রব্যের আনুপাতিক পরিমাণ খুব বেশী হলে ধাতু নিষ্কাশনে অসুবিধা ঘটে। কাজেই নিষ্কাশনের পূর্বে ধাতব আকরিকের আনুপাতিক পরিমাণ বাড়িয়ে নেওয়া প্রয়োজন, এই প্রক্রিয়াকেই বলে গাঢ়ীকরণ (Concentration)। গাঢ়ীকরণ পদ্ধতির মাধ্যমে আকরিকে মিশ্রিত অপ্রয়োজনীয় খনিজমল যথাসম্ভব পৃথক করে তুলনামূলকভাবে বিশুদ্ধতর আকরিক প্রস্তুত করা হয়, যা থেকে ধাতু নিষ্কাশন সহজসাধ্য এবং সুলভ হয়। আকরিকের প্রকৃতি অনুযায়ী গাঢ়ীকরণের বিভিন্ন পদ্ধতি অনুসৃত হয়। আকরিক গাঢ়ীকরণের সাধারণ পদ্ধতিসমূহ নীচে আলোচিত হল ঃ

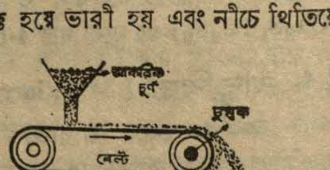
(i) **ধৌতকরণ** (Washing) ঃ চূর্ণীকৃত আকরিককে জলপ্রবাহে ধৌত করা হয়, ফলে অপেক্ষাকৃত হাল্কা খনিজমল জলপ্রবাহে অপসারিত হয়। ভারী আকরিক থিতিয়ে পড়ে এবং খনিজমল থেকে পৃথক হয়।

(ii) **তৈল-ভাসন** (Oil floatation) ঃ এই পদ্ধতিতে সাধারণত সালফাইড আকরিক (যথা কপার পাইরাইটিস, জিংকব্লেন্ড, গ্যালেনা) গাঢ়ীকৃত করা হয়। এই পদ্ধতিতে বিশেষভাবে নির্মিত জলপূর্ণ বড় বড় চৌবাচ্চায় (চিত্র 1.1) আকরিকের চূর্ণ নেওয়া হয়। ঐ আকরিক ও জলের মিশ্রণে সামান্য পরিমাণে খনিজ অ্যাসিড, পাইন তেল বা ইউক্যালিপটাস তেল ও (ফেনা সৃষ্টির জন্য) সোডিয়াম জ্যানথেটের মিশ্রণ ভালভাবে মিশ্রিত করা হয়। মিশ্রণটি বায়ুপ্রবাহের দ্বারা উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। এই আলোড়নের ফলে তেল ও জলের মিশ্রণে যে ফেনার সৃষ্টি হয় তাতে তুলনামূলকভাবে হাল্কা আকরিক চূর্ণ ভেসে ওঠে এবং ভারী বালি ও অন্যান্য খনিজমল জলের নীচে পড়ে থাকে। ভাসমান ফেনা থেকে সচ্ছিদ্র হাতলের সাহায্যে ছেঁকে খনিজমলমুক্ত গাঢ় আকরিক সংগ্রহ করা হয়। (আসলে এক্ষেত্রে নীতিটি হল এই যে, মিশ্রণে বর্তমান কিছু পদার্থ তেল ও জলের মধ্যে তেল দ্বারাই তুলনামূলকভাবে বেশী সিক্ত হয়—এই পদার্থগুলিই ফেনার উপরে ভেসে ওঠে—কিছু কণা আবার তেল অপেক্ষা জল দ্বারাই বেশী সিক্ত হয়—এই কণাগুলিই জলসিক্ত হয়ে ভারী হয় এবং নীচে থিতিয়ে পড়ে)।



চিত্র 1.1 ঃ তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে আকরিক গাঢ়ীকরণ।

(iii) **চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রয়োগে গাঢ়ীকরণ** (Concentration by application of magnetic field) ঃ অনেক চৌম্বকধর্মী আকরিক, অচৌম্বকধর্মী পদার্থ বা খনিজমল থেকে পৃথক করার জন্য শক্তিশালী তড়িৎ-চুম্বক (electro-magnet) ব্যবহার করা হয়। ফেরাস টাংস্টেট টিনের আকরিক টিনস্টোনে অবাঞ্ছিত দ্রব্য হিসেবে থাকে। টিনস্টোনের চূর্ণ তড়িৎ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে (চিত্র 1.2) অবাঞ্ছিত $FeWO_4$ চৌম্বক ক্ষেত্রে আকর্ষিত হয় কিন্তু টিনের



চিত্র 1.2 ঃ চৌম্বক ক্ষেত্র প্রয়োগে আকরিক গাঢ়ীকরণ।

উপর চুম্বকের প্রভাব না থাকায় এটি আকর্ষিত হয় না, ফলে এই প্রক্রিয়ায় ফেরাস টাংস্টেট থেকে টিন ডাই-অক্সাইড পৃথক করা যায়।

(iv) তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রয়োগে পৃথকীকরণ (Electrostatic separation) : বিভিন্ন পদার্থ কণা তড়িৎ-ক্ষেত্রে বিভিন্ন প্রকার আচরণ করে। আকরিকে অবস্থিত ধাতব পদার্থগুলি তড়িৎ-ক্ষেত্র দ্বারা আকর্ষিত হয়, কিন্তু অধাতব অংশ তড়িৎ-ক্ষেত্র দ্বারা আকর্ষিত হয় না। তড়িৎ-আহিত (Electrically charged) তলের উপর দিয়ে বিচূর্ণ আকরিক চালিত করে এর ধাতব ও অধাতব অংশ পৃথক করা যায়।

(v) রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical process) : অনেক সময় উপযুক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে আকরিকের প্রয়োজনীয় পদার্থ, অপ্রয়োজনীয় পদার্থ থেকে পৃথক করা হয়। যেমন, অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক বক্সাইটকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দ্বারা উত্তপ্ত করলে অ্যালুমিনিয়াম, সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয়ে দ্রবণে চলে যায়। এখন এই দ্রবণ পরিস্রাবিত করে অন্যান্য অপদ্রব্য (যার মধ্যে হাইড্রেটেড ফেরিক অক্সাইড, টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি থাকে) পৃথক করা হয়। এই দ্রবণে কিছুটা অধঃক্ষিপ্ত $Al(OH)_3$ দ্বারা নিয়ত আলোড়িত করে পুনরায় $Al(OH)_3$ পাওয়া যায়, $Al(OH)_3$-কে উত্তাপ প্রয়োগে Al_2O_3-তে পরিণত করা হয়।

নিম্ন মানের কপার সালফাইড আকরিক আর্দ্র বাতাসে বহুদিন উন্মুক্ত অবস্থায় ফেলে রাখলে এটি জারিত হয়ে কপার সালফেটে পরিণত হয়। কপার সালফেট জলে দ্রবণীয়, সুতরাং জলে দ্রবীভূত করে কপার সালফেট অন্যান্য অপদ্রব্য থেকে পৃথক করা হয়। এই কপার সালফেট দ্রবণে স্ক্র্যাপ আয়রন মিশিয়ে কপার অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

(vi) অভিকর্ষের সাহায্যে পৃথকীকরণ (Gravity separation) : আকরিকের আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি খুব বেশী হয় এবং খনিজমলের তুলনায় আকরিক ভারী হয় তবে জলপ্রবাহের মধ্যে চূর্ণীকৃত আকরিক ছড়িয়ে দিলে অপেক্ষাকৃত হালকা খনিজমল অপেক্ষাকৃত দূরে ভেসে যায়, আকরিকচূর্ণকে জলপ্রবাহ কম দূরে নিতে সমর্থ হয়। এইভাবে আকরিক এবং খনিজমল বেশ কিছুটা পৃথকীকৃত হতে পারে।

(3) নিষ্কাশন (Extraction) : গাঢ়ীকরণ দ্বারা আকরিকটি যখন অনেকটা বিশুদ্ধ হয়ে আসে তখন ধাতু নিষ্কাশনের জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি ও প্রক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়। যেমন— (i) ভস্মীকরণ (Calcination), (ii) তাপজারণ (Roasting), (iii) বিগলন ও বিজারণ (Smelting and Reduction), (iv) ধাতুর শোধন (Refining)।

● **ধাতু নিষ্কাশনের জন্য ব্যবহৃত বিভিন্ন ধরনের চুল্লী** (Furnace) **:** ধাতু নিষ্কাশনে বিভিন্ন ধরনের চুল্লী ব্যবহৃত হয়ে থাকে ; যথা,

(a) ব্লাস্ট ফার্নেস বা মারুৎ-চুল্লী (Blast Furnace)।

(b) পরাবর্ত চুল্লী (Reverberatory furnace)।

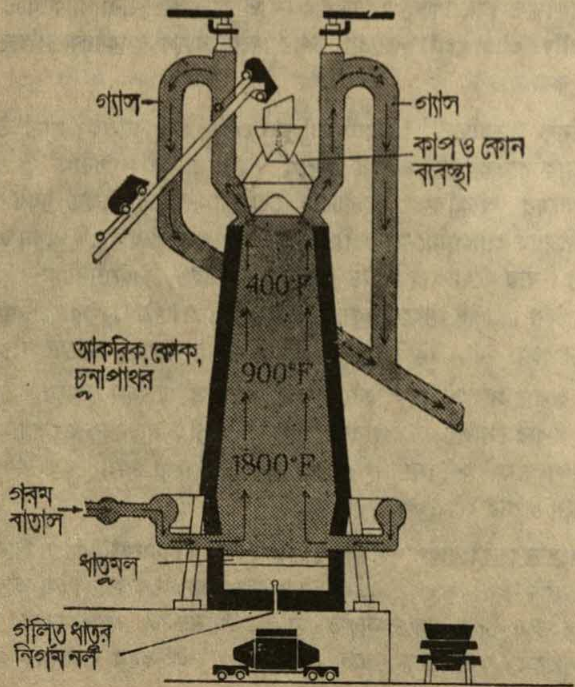
(c) সংবর্ত চুল্লী (Muffle furnace)।

(d) বৈদ্যুতিক চুল্লী (Electric furnace)।

বিভিন্ন ধাতু নিষ্কাশনের প্রয়োজনে এই চুল্লীগুলির গঠনের কিছুটা পরিবর্তন হয়। বিভিন্ন ধাতু নিষ্কাশনের সময় এদের বিস্তারিত বিবরণ দেওয়া হবে। তবে এখানে সংক্ষিপ্ত একটি বর্ণনা দেওয়া হল :

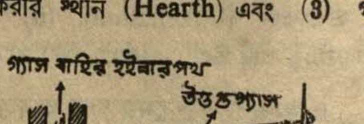
[**চুল্লী** (Furnace) **:** চুল্লী হল তাপ উৎপাদন, নিয়ন্ত্রণ এবং নিরবচ্ছিন্ন তাপ প্রয়োগের যন্ত্র বিশেষ। তাপের উৎস ব্যবহারের দিক থেকে চুল্লীগুলি দুই ধরনের হতে পারে : (1) বৈদ্যুতিক চুল্লী (Electric furnace)—যেগুলিতে তাপের উৎস হল বিদ্যুৎ এবং (2) দহন চুল্লী (Combustion furnace)—যেগুলিতে তাপের উৎস কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় জ্বালানী।

ব্লাস্ট ফার্নেস বা মারুৎ-চুল্লী : ব্লাস্ট ফার্নেসে আকরিকের সঙ্গে কঠিন জ্বালানী (যেমন কোক) মিশিয়ে ঢালা হয় এবং চুল্লীর নীচের দিক থেকে তপ্ত বাত্যাপ্রবাহ চালনা করা হয় (আয়রন নিষ্কাশন দ্রষ্টব্য)—আয়রন, কপার এবং লেড নিষ্কাশনে মারুৎ-চুল্লী ব্যবহৃত হয়। আয়রন নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুৎ-চুল্লীর একটি ছবি দেখানো হল।



চিত্র 1.3 : মারুৎ-চুল্লী।

পরাবর্ত চুল্লী : পরাবর্ত চুল্লীর তিনটি অংশ থাকে : (1) জ্বালানীতে অগ্নিসংযোগের স্থান (fire-place), (2) প্রয়োজনীয় বস্তুকে উত্তপ্ত করার স্থান (Hearth) এবং (3) গ্যাস নির্গমনের নল বা চিম্‌নী (Chimney)। এই ধরনের চুল্লী ব্যবহার করা হয় তখনই যখন যে বস্তুটিকে উত্তপ্ত করতে হবে তার সঙ্গে জ্বালানীর মিশ্রণ অভিপ্রেত নয়। ফায়ার-প্লেসে জ্বালানীকে প্রজ্বলিত করলে যে উত্তপ্ত গ্যাস এবং লেলিহান শিখার সৃষ্টি হয় কেবলমাত্র সেগুলিই যে বস্তুটিকে উত্তপ্ত করতে হবে তার সংস্পর্শে আসতে পারে—খিলান আকৃতির চুল্লীতে উত্তপ্ত গ্যাস এবং শিখা ছাদের গা থেকে প্রতিফলিত হয়ে চার্জের (charge) উপর পড়ে। তাপজারণ এবং বিগলনের জন্য পরাবর্ত চুল্লী ব্যবহৃত হয়ে থাকে।



চিত্র 1.4 : পরাবর্ত চুল্লী।

সংবর্ত চুল্লী : সংবর্ত চুল্লীতে চুল্লীর অভ্যন্তরস্থ কক্ষটিকে (যার মধ্যে যে বস্তুটিকে উত্তপ্ত করতে হবে সেটি থাকে) বাইরে থেকে প্রদত্ত তাপ দ্বারা তাপিত করা হয়—প্রকৃতপক্ষে চুল্লীটিকে বেষ্টন করে থাকা কয়েকটি নলের মধ্য দিয়ে নির্গমনরত জ্বালানী গ্যাস এবং অগ্নিশিখার দ্বারাই চুল্লী-কক্ষ উত্তপ্ত হয়। জ্বালানী বা দহনের ফলে উৎপন্ন পদার্থ চুল্লী-কক্ষস্থ পদার্থের সংস্পর্শে আসতে পারে না।

বৈদ্যুতিক চুল্লী : চুল্লীকে যে ক্ষেত্রে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা প্রয়োজন বা যে ক্ষেত্রে ধাতুকে তড়িৎ-বিজারণের মাধ্যমে নিষ্কাশিত করা প্রয়োজন সে সব ক্ষেত্রে বৈদ্যুতিক চুল্লী ব্যবহৃত হয়। চুল্লীকে বৈদ্যুতিক উপায়ে উত্তপ্ত করা হয়। সাধারণ দহন চুল্লীতে যেখানে 1500°সে.-এর বেশী তাপমাত্রা সৃষ্টি সম্ভব নয়, সেক্ষেত্রে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 4000°সে. পর্যন্ত তাপমাত্রা সৃষ্টি সম্ভব। গ্রাফাইট, ক্যালসিয়াম কার্বাইড বৈদ্যুতিক চুল্লীতে উৎপাদন করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনও বৈদ্যুতিক চুল্লীতে সম্পাদিত হয়ে থাকে।]

● ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন প্রক্রিয়া :

(i) **ভস্মীকরণ** (Calcination) : বিশেষ ধরনের চুল্লীতে আকরিক নিয়ে এটিকে গলনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। ফলে আকরিক থেকে উদ্বায়ী অপদ্রব্য, যেমন কার্বন ডাই-অক্সাইড, আর্সেনিক, সালফার ও জলীয় বাষ্প অপসারিত হয়। এই প্রক্রিয়াকে ভস্মীকরণ বলা হয়। ভস্মীকরণকালে কার্বনেট আকরিক ধাতব অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$MCO_3 \rightarrow MO + CO_2 \; ; \qquad (ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2)$$

নিম্নতর যোজ্যতার অক্সাইডগুলি উচ্চতর যোজ্যতার অক্সাইডে জারিত হয়। এই প্রক্রিয়াতে আকরিক সচ্ছিদ্র ও ফাঁপা হয়। এর ফলে পরবর্তী পর্যায়ে বিজারণ প্রক্রিয়া সহজ হয়।

(ii) **তাপজারণ** (Roasting) : গাঢ়ীকৃত আকরিককে অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে গলনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রায় কিন্তু ভস্মীকরণের তাপমাত্রা থেকে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করার পদ্ধতিকে তাপজারণ বলে। এই পদ্ধতি সাধারণত **সালফাইড আকরিকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।** সালফাইড আকরিক বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে, উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড চুল্লী থেকে বেরিয়ে যায়।

$$2MS + 3O_2 \rightarrow 2MO + 2SO_2, \qquad (2ZnS + 3O_2 \rightarrow 2ZnO + 2SO_2)$$

এই প্রক্রিয়াতেও আকরিকগুলি সচ্ছিদ্র ও ফাঁপা হয় যা পরবর্তী পর্যায়ের বিজারণ প্রক্রিয়ার সহায়ক হয়।

(iii) **বিগলন ও বিজারণ** (Smelting and Reduction) : ভস্মীকৃত অথবা তাপজারিত আকরিককে (প্রয়োজনে বিগালকের উপস্থিতিতে) উচ্চ তাপমাত্রায় গলিত অবস্থায় উপযুক্ত বিজারক দ্রব্যের উপস্থিতিতে ধাতুতে পরিবর্তিত করার পদ্ধতিকে বিগলন বলে। ধাতু-শিল্পে বিগলন ও বিজারণ একই প্রক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত।

● বিগালক ও ধাতুমল (Flux and Slag) :

গাঢ়ীকরণ, ভস্মীকরণ ও তাপজারণ প্রক্রিয়ার পরেও আকরিকের মধ্যে কিছু অপদ্রব্য বা খনিজমল (gangue) থাকে যা বিগলন প্রক্রিয়ার উচ্চ তাপমাত্রাতেও পৃথক ভাবে গলে না। এই অগলনীয় (infusible) অপদ্রব্যগুলিকে ধাতু থেকে অপসারিত করার জন্য নির্বাচিত কোন পদার্থ আকরিকের সঙ্গে মিশ্রিত করে চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়, ফলে এই অগলনীয় অপদ্রব্যগুলি ঐ পদার্থের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় গলনীয় যৌগ উৎপন্ন করে। এই গলিত যৌগ গলিত ধাতুর উপরে একটি পৃথক স্তর সৃষ্টি করে এবং সহজেই ধাতু থেকে পৃথক করা যায়। **এই নির্বাচিত পদার্থ যা আকরিকে উপস্থিত অপদ্রব্যকে গলাতে সাহায্য করে তাকে বিগালক** (Flux) **বলে।** **অপদ্রব্যের বা খনিজমলের সঙ্গে বিগালক যুক্ত হয়ে যে গলনীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে ধাতুমল** (Slag) **বলে।**

খনিজমল + বিগালক = ধাতুমল

আকরিকে উপস্থিত অপদ্রব্য বা খনিজমল দু ধরনের হতে পারে—

(i) অ্যাসিডধর্মী—যেমন, সিলিকা (SiO_2)।

(ii) ক্ষারধর্মী—CaO, FeO, MgO প্রভৃতি।

অপদ্রব্য বা খনিজমলের প্রকৃতি অনুযায়ী বিগালক নির্বাচন করা হয়। অ্যাসিডধর্মী খনিজমল অপসারিত করার জন্য ক্ষারকীয় বিগালক (CaO, MgO) নির্বাচন করা হয় এবং ক্ষারধর্মী খনিজমল অপসারিত করার জন্য অ্যাসিডধর্মী বিগালক (SiO_2) নির্বাচন করা হয়। যেমন, লৌহ নিষ্কাশনে লাইমস্টোন বা চুনাপাথর বিগালক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। চুনাপাথর উচ্চ তাপমাত্রায় CaO-তে পরিণত হয়। উহা আকরিকে উপস্থিত SiO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে $CaSiO_3$ উৎপন্ন করে। ইহা লৌহ নিষ্কাশনে ধাতুমল, অপরপক্ষে কপার নিষ্কাশনে FeO খনিজমল হিসেবে থাকে। এটি অপসারণের জন্য SiO_2 বিগালক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$$
$$SiO_2 + CaO = CaSiO_3$$
$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

খনিজমল + বিগালক = ধাতুমল

ধাতুমল গলিত ধাতু অপেক্ষা হাল্কা বলে এটি ধাতুর উপর ভেসে থাকে। যেসব ক্ষেত্রে ধাতুকে বাষ্পীভূত করে সেই বাষ্পকে ঘনীভূত করে ধাতু সংগ্রহ করা হয় সেখানে বিগালক ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না।

প্রশ্ন : 1.8 ধাতু নিষ্কাশন কালে খনিজমল এবং বিগালক মিশ্রিত হয়ে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে কি বলে?

1.9 খনিজমল এবং বিগালক বলতে কি বোঝায়?

1.10 (ক) অম্লধর্মী খনিজমল দূরীকরণে কি ধরনের বিগালক নেওয়া উচিত?

(খ) ক্ষারধর্মী খনিজমল দূরীকরণে কি ধরনের বিগালক নেওয়া উচিত?

1.11 গলিত ধাতুমল এবং গলিত ধাতু কিভাবে পৃথকীকৃত হতে পারে?

1.12 ভস্মীকরণ এবং তাপ-জারণের মধ্যে কোনও পার্থক্য আছে কি?

1.13 ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কোন্ ধরনের অশুদ্ধি দূর হতে পারে?

1.14 তাপ-জারণ প্রক্রিয়াটি সাধারণত কোন্ ধরনের আকরিকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?

1.5 ধাতু নিষ্কাশনে বিভিন্ন বিজারণ পদ্ধতি (Different reduction processes in metallurgy)

আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কশনের জন্য ভস্মীকরণ, তাপ-জারণ প্রভৃতি পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া হয়। আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন বিক্রিয়াটি নিঃসন্দেহে বিজারণ প্রক্রিয়া। বিজারণ পদ্ধতিকে দুটি ভাগে ভাগ করা হয় ; যথা—

(1) **রাসায়নিক বিজারণ পদ্ধতি (Chemical reduction process)**

(2) **তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic reduction process)**

(1) রাসায়নিক বিজারণ পদ্ধতি : রাসায়নিক বিজারণ বিভিন্ন উপায়ে সংঘটিত হয়, যেমন—

(i) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি (Carbon reduction process)

(ii) স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতি (Self-reduction process)

(iii) গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি (Goldschmidt's Thermit process)

(i) কার্বন বিজারণ পদ্ধতি : স্বল্প সক্রিয় ধাতুর অক্সাইড আকরিক বা যে সব ধাতুর অক্সাইড আকরিক পাওয়া যায় না তাদের সালফাইড, কার্বনেট বা ক্ষারকীয় কার্বনেট এবং সালফেট আকরিককে প্রথমে গাঢ়ীকৃত করে সেগুলিকে ভস্মীকরণ বা তাপ-জারণ পদ্ধতিতে ধাতব অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই অক্সাইডকে কার্বন (সাধারণত কোক ব্যবহার করা হয়) দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ধাতুতে বিজারিত করা হয়। কার্বন বা কোকের অসম্পূর্ণ দহনের ফলে যে কার্বন

মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় সেটিও বিজারণ প্রক্রিয়ায় সাহায্য করে। এই পদ্ধতিতে আয়রন, জিংক, লেড প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়। বর্তমানে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড থেকে ধাতব ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশনও কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে সম্পন্ন করা হয়।

(a) হিমাটাইট $\xrightarrow{\text{ভস্মীকরণ}} Fe_2O_3$

$$C + O_2 = CO_2 ; \quad C + CO_2 = 2CO$$
$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$
$$Fe_2O_3 + CO = 2FeO + CO_2 ; \quad FeO + CO = Fe + CO_2$$

(b) ক্যালামাইন, $ZnCO_3 \xrightarrow{\text{ভস্মীকরণ}} ZnO + CO_2$

(c) জিংকব্লেন্ড, $2ZnS + 3O_2 \xrightarrow{\text{তাপজারণ}} 2ZnO + 2SO_2$

$$ZnO + C = Zn + CO ; \quad ZnO + CO = Zn + CO_2$$

(d) গ্যালেনা, $2PbS + 3O_2 \xrightarrow{\text{তাপজারণ}} 2PbO + 2SO_2$

(e) সেরুসাইট, $PbCO_3 \xrightarrow{\text{ভস্মীকরণ}} PbO + CO_2$

(f) অ্যাঙ্গলিসাইট, $PbSO_4 + C \xrightarrow{\text{তাপজারণ}} PbS + CO_2$

$$2PbS + 3O_2 \xrightarrow{\text{তাপজারণ}} 2PbO + 2SO_2$$
$$PbO + C = Pb + CO ; \quad PbO + CO = Pb + CO_2$$

(g) ম্যাগনেসাইট, $MgCO_3 \xrightarrow{\text{ভস্মীকরণ}} MgO + CO_2$

$$MgO + C = Mg + CO ; \quad MgO + CO = Mg + CO_2$$

সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর উপরের দিকে অবস্থিত। এই সব ধাতু তাদের তড়িৎ-ধনাত্মকতার জন্য অক্সিজেনের সঙ্গে অত্যন্ত স্থিতিশীল অক্সাইড যৌগ গঠন করে। এই সব ধাতুর অক্সাইড (ম্যাগনেসিয়ামের অক্সাইড ছাড়া) অতি উচ্চ তাপমাত্রাতেও কার্বন দ্বারা বিজারিত করা যায় না।

(ii) **স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতি** : এই পদ্ধতিতে কতকগুলি ধাতুর সালফাইড আকরিক (যথা PbS, CuS প্রভৃতি) পরিমিত পরিমাণ বায়ু দ্বারা তাপজারিত করা হয়, ফলে অভীষ্ট ধাতুটির অক্সাইড (কিছু পরিমাণে সালফেট) ও সালফাইডের একটি মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এর পর এই অক্সাইড ও সালফাইডের মিশ্রণটি অতি উচ্চ তাপমাত্রায় বায়ুর অনুপস্থিতিতে বিগলিত করা হয়। ধাতব অক্সাইড ও সালফেট অপরিবর্তিত সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতু উৎপন্ন করে। লেড, কপার প্রভৃতি ধাতু তাদের সালফাইড আকরিক থেকে এইরূপ পারস্পরিক বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় বাইরে থেকে কোন বিজারক পদার্থ মেশাবার প্রয়োজন হয় না বলে একে স্বতঃ বিজারণ বলে।

তাপ-জারণ	স্বতঃ বিজারণ
$2PbS + 3O_2 \rightarrow 2PbO + 2SO_2\uparrow$;	$PbS + 2PbO \rightarrow 3Pb + SO_2\uparrow$
$PbS + 2O_2 \rightarrow PbSO_4\uparrow$;	$PbS + PbSO_4 \rightarrow 2Pb + 2SO_2\uparrow$
$2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2\uparrow$;	$2Cu_2O + Cu_2S \rightarrow 6Cu + SO_2\uparrow$

(iii) **গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি** : কতকগুলি ধাতুকে তাদের অক্সাইড থেকে অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সেই সকল ধাতু অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় কোন ধাতু দ্বারা বিজারিত করে ধাতু নিষ্কাশন

করা হয়। আয়রন, কোবাল্ট, নিকেল, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডগুলির সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ বিজারক হিসেবে মিশিয়ে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়, এই বিক্রিয়া অত্যন্ত তাপদায়ী। এই পদ্ধতিকে থার্মিট পদ্ধতি বলে।

$$Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3$$
$$Cr_2O_3 + 2Al = 2Cr + Al_2O_3$$
$$3Mn_3O_4 + 8Al = 9Mn + 4Al_2O_3$$
$$3MnO_2 + 4Al = 3Mn + 2Al_2O_3$$

(iv) **অধঃক্ষেপণ বা প্রতিস্থাপন পদ্ধতি** (Displacement method): এই পদ্ধতিতে নিম্নতর তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু, ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণ থেকে উচ্চতর তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয়। এই পদ্ধতির সাহায্যে সোনা, রুপা, তামা প্রভৃতিকে তাদের লবণ থেকে মুক্ত করা হয়। যেমন—তামার নিম্ন মানের সালফাইড আকরিককে সালফেট যৌগে পরিবর্তিত করে জলে দ্রবীভূত করা হয় এবং এই সালফেট দ্রবণে স্ক্র্যাপ আয়রন মিশিয়ে কপার অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu\downarrow$$

(v) **ক্ষারীয় ধাতু বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু দ্বারা বিজারণ** (**Reduction by alkali and alkaline earth metals**): আধুনিক ধাতু-শিল্পে সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু বিজারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। যেমন—

(a) সোডিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ধাতু দ্বারা অতি বিশুদ্ধ টাইটেনিয়াম-এর অক্সাইড বা টেট্রাক্লোরাইড থেকে নিষ্কাশন করা হয়।

$$TiO_2 + 2Mg = Ti + 2MgO$$

(b) ইউরেনিয়াম টেট্রাফ্লুওরাইডকে ক্যালসিয়াম দ্বারা বিজারিত করে বিশুদ্ধ ইউরেনিয়াম উৎপন্ন করা হয়। $UF_4 + 2Ca = 2CaF_2 + U$

(2) **তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি** (**Electrolytic reduction process**): সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়ামের ন্যায় উচ্চ তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু; এই ধাতুগুলির অনার্দ্র বিগলিত ক্লোরাইড বা হাইড্রক্সাইড থেকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে নিষ্কাশিত করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণে গলিত ধাতব ক্লোরাইড বা হাইড্রক্সাইড থেকে যে ধাতব ক্যাটায়নের সৃষ্টি হয় তা ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে ধাতু রূপে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশনে অনেক সময় গলিত আকরিকের গলনাঙ্ক কমানোর জন্য বিগালকে তড়িৎ-পরিবাহী পদার্থ যোগ করা হয়। যেমন—সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে সোডিয়াম নিষ্কাশনের সময় সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক কমানোর জন্য সামান্য পরিমাণে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড থেকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনের বিক্রিয়া নিম্নরূপ—

বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিয়োজন, $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে—

ক্যাথোডে: $Na^+ + e \rightarrow Na$ (বিজারণ)

অ্যানোডে: $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$ (জারণ) $[Cl] + [Cl] \rightarrow Cl_2\uparrow$

বিগলিত কস্টিক সোডার বিয়োজন, $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$

ক্যাথোডে: $Na^+ + e \rightarrow Na$

অ্যানোডে: $OH^- - e \rightarrow [OH]$ $4[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$

অ্যালুমিনা (Al_2O_3) থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন, তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে করা হয়। অ্যালুমিনার (Al_2O_3) গলনাঙ্ক 2000° সে. এবং গলিত অ্যালুমিনা তড়িৎ-সুপরিবাহী নয়, এর গলনাঙ্ক কমানোর জন্য এবং এটিকে তড়িৎ-সুপরিবাহী করার জন্য এর সঙ্গে ফ্লুওরস্পার (CaF_2) এবং ক্রাইয়োলাইট ($AlF_3, 3NaF$) মিশ্রিত করা হয়। ফ্লুওরস্পার অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক 900°সে.-এ নামিয়ে দেয় এবং ক্রায়োলাইট একে তড়িৎ-সুপরিবাহী করে।

$$Al_2O_3 \xrightarrow{AlF_3,\ 3NaF} 2Al^{3+} + 3O^{2-}$$

ক্যাথোডে : $2Al^{3+} + 6e \rightarrow 2Al$

সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করার জন্য ধাতুগুলির লবণের (বা হাইড্রক্সাইডের) জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে ব্যবহার করা যায় না, কারণ এইরূপ জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে ধাতুর পরিবর্তে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে অ্যালুমিনিয়ামের নিম্নস্থিত ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা এই ধাতুগুলি নিষ্কাশিত করা যায় (কারণ এই ধাতুগুলি সাধারণ অবস্থায় জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না)। এই পদ্ধতিকে সিক্ত পদ্ধতি বলা হয়। কপার, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতু এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যায়, এই ধাতুগুলির সালফাইড আকরিক প্রথমে ভস্মীকরণ পদ্ধতিতে সালফেটে পরিণত করে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। এই লবণের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে ধাতু মুক্ত হয়।

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$

ক্যাথোডে : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

সারণী 1.2 : ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন পদ্ধতি এবং যে যে ধাতু নির্দিষ্ট পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত হয় বা হতে পারে তার একটি তালিকা :

নিষ্কাশন পদ্ধতি	ধাতু	
	পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত	পাঠ্যসূচী বহির্ভূত
(1) **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি** (কার্বন দ্বারা অক্সাইডের বিজারণ)	কপার, জিঙ্ক, আয়রন	ক্যালসিয়াম, টিন, লেড, বিসমাথ, ম্যাঙ্গানিজ, কোবাল্ট, নিকেল, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি।
(2) **স্বতঃবিজারণ পদ্ধতি**	কপার	লেড।
(3) **গোল্ডস্মিথের থার্মিট পদ্ধতি** (ধাতব অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা অক্সাইডের বিজারণ)	আয়রন	ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, সিরিয়াম, ভ্যানাডিয়াম, মলিবডেনাম।
(4) **তড়িৎ-বিজারণ বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি**		
(a) বিগলিত হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ	সোডিয়াম	পটাসিয়াম
(b) বিগলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ	সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম	বেরিলিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম এবং অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু।
বিগলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ	অ্যালুমিনিয়াম	

নিষ্কাশন পদ্ধতি	ধাতু	
	পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত	পাঠ্যসূচী বহির্ভূত
(c) ধাতব লবণের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ	কপার, জিংক	সিলভার, নিকেল, ক্রোমিয়াম।
(5) ক্ষারীয় ধাতু বা ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু দ্বারা বিজারণ		টাইটেনিয়াম, ইউরেনিয়াম।
(6) হাইড্রোজেন দ্বারা অক্সাইড বিজারণ		ম্যাঙ্গানিজ অপেক্ষা উচ্চতর পাঃ ওজন বিশিষ্ট ধাতুসমূহ।
(7) উদ্বায়ী হ্যালাইডের তাপীয় বিযোজন (ভ্যান-আরকেল পদ্ধতি)		টাইটেনিয়াম, জারকোনিয়াম, হফনিয়াম, থোরিয়াম।
(8) কার্বনিল পদ্ধতি (কার্বনিল যৌগের তাপীয় বিযোজন)		নিকেল।
(9) ধাতু দ্বারা ধাতু প্রতিস্থাপন পদ্ধতি	কপার ($CuSO_4 + Fe = Cu + FeSO_4$)	

● **তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে অবস্থান অনুযায়ী ধাতুসমূহের নিষ্কাশন পদ্ধতি :**

(ইলেকট্রন ত্যাগ করার ক্ষমতা, বিজারণ ক্ষমতা ↑; রাসায়নিক সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায় ↑)

K, Ca, Na, Mg, Al — বন্ধনী সীমায় আবদ্ধ এই ধাতুগুলি অত্যন্ত সক্রিয়, প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। এই সব ধাতুগুলি উচ্চ পরা তাড়িতিক-ধর্মী ধাতু, কাজেই উচ্চ বিজারক-ধর্মী। ধাতুগুলির অক্সাইডসমূহ অত্যন্ত সুস্থিত, **অক্সাইড থেকে** (Mg ব্যতীত) **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে** বা অপর কোন রাসায়নিক বিজারক দ্রব্য দ্বারা **ধাতু নিষ্কাশিত করা যায় না। তড়িৎ-বিজারণ দ্বারা অর্থাৎ, এদের কোন উপযুক্ত লবণের (গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায়) তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতু মুক্ত করা হয়।**

Mn, Zn, Cr, Fe, Pb — মধ্যম সক্রিয়, অক্সাইড, কার্বনেট, সালফাইড যৌগরূপে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। এদের অক্সাইডসমূহ যথেষ্ট স্থায়ী নয়, **কার্বন বিজারণ বা কার্বন মনোক্সাইড বিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশিত করা যায়।**

[*H*]

Cu, Hg, Ag, Au — এই ধাতুগুলির সক্রিয়তা খুব কম, প্রকৃতিতে মুক্ত ও যৌগ উভয় অবস্থাতেই পাওয়া যায়। সাধারণত **স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয়।** এদের লবণের জলীয় দ্রবণ থেকে অধিক তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু দ্বারা ধাতু মুক্ত করা যায়।

কার্বন-বিজারণ ও স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশনের বিভিন্ন ধাপসমূহ :

আকরিক

↓ পরিকর্ম (Dressing)

চূর্ণীকৃত আকরিক

↓ গাঢ়ীকরণ (Concentration)
(ধৌতকরণ, তৈলভাসন, চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রয়োগ প্রভৃতি পদ্ধতিতে)

গাঢ়ীকৃত আকরিক

↓ (i) ভস্মীকরণ (কার্বনেট আকরিক ও উদ্বায়ী অশুদ্ধিযুক্ত আকরিক)
(ii) তাপজারণ (সালফাইড আকরিক)

ধাতব অক্সাইড

↓ (i) বিগলন ও বিজারণ
(a) কার্বন-বিজারণ
(b) স্বতঃবিজারণ

ধাতু (অশুদ্ধ)

↓ পরিশোধন
(a) জারণ, (b) তরলীকরণ, (c) পাতন
(d) তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রভৃতি পদ্ধতি

বিশুদ্ধ ধাতু

ধাতুর পরিশোধন (Refining of metals) : উল্লেখিত বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত ধাতু বিশুদ্ধ নয়। এতে অতি সামান্য পরিমাণে অন্য ধাতু, অধাতু বা কোন গ্যাস দ্রবীভূত থাকে, অনেক সময় অপরিবর্তিত অক্সাইড বা সালফাইড আকরিকও অশুদ্ধি হিসেবে উপস্থিত থাকে।

ধাতু পরিশোধনে ব্যবহৃত কয়েকটি পদ্ধতি নীচে সংক্ষেপে আলোচিত হল :

(a) **জারণ পদ্ধতি (Oxidation process) :** অনেক ক্ষেত্রে ধাতু অপেক্ষা ধাতুতে উপস্থিত অবিশুদ্ধিগুলির জারিত হবার প্রবণতা বেশী হয়। এসব ক্ষেত্রে গলিত ধাতুর ভিতর দিয়ে বায়ু চালনা করা হয়, ফলে কোন কোন ক্ষেত্রে অবিশুদ্ধিগুলির কিছু উদ্বায়ী গ্যাসের আকারে বিমুক্ত হয়ে যায়, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে ফেনা বা গাদ (Scum) রূপে গলিত ধাতুর উপরে ভেসে ওঠে এবং সেখান থেকে অপসারিত করা হয়। লেড, আয়রন প্রভৃতি ধাতু এই প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করা হয়।

(b) **তরলীকরণ পদ্ধতি (Liquation process) :** এই পদ্ধতি প্রযুক্ত হয় নিম্ন গলনাঙ্ক বিশিষ্ট ধাতুর ক্ষেত্রে যেখানে ধাতুর গলনাঙ্ক অবিশুদ্ধির গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম। একদিকে ঢালু তলবিশিষ্ট বিশেষ ধরনের চুল্লীতে অবিশুদ্ধ ধাতুকে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিশুদ্ধ ধাতুটি গলে গিয়ে ঢালুতল দিয়ে গড়িয়ে, উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন অবিশুদ্ধি থেকে পৃথক হয়ে যায়। জিঙ্ক, লেড, টিন প্রভৃতি ধাতু এই প্রক্রিয়ায় পরিশোধন করা হয়।

(c) পাতন পদ্ধতিতে পরিশোধন (Refining by distillation) : যে সকল ধাতু তাপ প্রয়োগের ফলে গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয় তাদের এই প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করা হয়। যেমন জিংক, ক্যাডমিয়াম এবং মারকারি প্রভৃতি ধাতু পাতিত করে বিশুদ্ধ করা হয়। ক্যাডমিফেরাস-জিংক আকরিক থেকে ক্যাডমিয়াম ও জিংককে পৃথক করা হয় এদের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্যের উপর নির্ভর করে। ক্যাডমিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক (767°সে.), জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্ক (907°সে.) থেকে অনেক কম।

(d) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic refining) : সম্ভবত বর্তমানে ধাতু পরিশোধনের এটিই সর্বোৎকৃষ্ট পদ্ধতি। বিশেষ করে ব্লিস্টার কপার থেকে বিশুদ্ধ অবস্থায় এবং ইলেকট্রনিক কাজে ব্যবহারযোগ্য মানের (Electrolytic grade) কপার প্রস্তুতিতে এই প্রক্রিয়া কাজে লাগানো হয়। ইলেকট্রনিক শিল্পে প্রচুর পরিমাণে এই তামার প্রয়োজন হয়। অতি অল্প পরিমাণে আরসেনিক অবিশুদ্ধি তামার তড়িৎ-পরিবাহিতা কমিয়ে দেয়। এই পদ্ধতিতে অবিশুদ্ধ ধাতুটিকে অ্যানোড হিসেবে এবং বিশুদ্ধ ধাতুর পাতলা পাতকে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করে ধাতুটির কোন বিগলিত লবণ বা লবণের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অ্যানোড থেকে ধাতুটি দ্রবীভূত হয়ে আয়নে পরিণত হয় এবং ক্যাথোডে তড়িৎ মোক্ষিত হয়ে সেখানে জমা হয়। এইভাবে অ্যানোড ক্রমাগত ক্ষয় পেতে থাকে এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ ধাতুর আস্তরণ পড়তে পড়তে ওর ওজন বৃদ্ধি পেতে থাকে। অবিশুদ্ধিগুলি দ্রবণে থাকে অথবা কাদার (Sludge) আকারে ভোল্টামিটারের নীচে অধঃক্ষিপ্ত হয়। সাধারণত গোল্ড, কপার, জিংক, লেড প্রভৃতি ধাতু এই প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধ করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত ধাতু অতি বিশুদ্ধ। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে ধাতু পরিশোধনের এই পদ্ধতিকে **তড়িৎ-পরিশোধন** (Electro-refining) বা **তড়িৎ-বৈশ্লেষিক পরিশোধন** (Electrolytic refining) বলে।

1.6 ধাতু-সংকর ও পারদ-সংকর (Alloys and amalgams)

সাধারণত **ধাতু-সংকর বলতে দুই বা ততোধিক ধাতু সমবায়ে গঠিত কঠিন দ্রবণ** (Solid solution) **বা অন্তঃ-ধাতব যৌগ (Intermetallic compound) বোঝায়।** তবে ধাতুগুলি শুধু যে একে অন্যের সঙ্গে মিশে বা যুক্ত হয়ে ধাতু-সংকর গঠন করে তা নয়, অনেক অধাতুর সঙ্গে যেমন কার্বন, সিলিকন, ফসফরাস প্রভৃতির সঙ্গেও মিশে বা যুক্ত হয়ে ধাতু সংকর উৎপন্ন করতে পারে।

সুতরাং, **দুই বা ততোধিক ধাতব মৌল সমন্বিত অথবা অন্ততপক্ষে একটি ধাতব মৌল এবং এক বা একাধিক অধাতব মৌল সমন্বিত ধাতব ধর্ম বিশিষ্ট পদার্থকে ধাতু-সংকর বলা যায়।**

গঠনের দিক থেকে ধাতু-সংকরগুলি তিন ধরনের হতে পারে :

(1) ধাতব উপাদানগুলির পৃথক পৃথক কেলাসগুলির ওতোপ্রোত মিশ্রণ—কপার এবং লেডের ধাতু-সংকরগুলি এই ধরনের।

(2) একটি কঠিন দ্রবণ যাতে ধাতুগুলি পরস্পরে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে—সিলভার এবং গোল্ড-এর ধাতু-সংকরগুলি এই ধরনের।

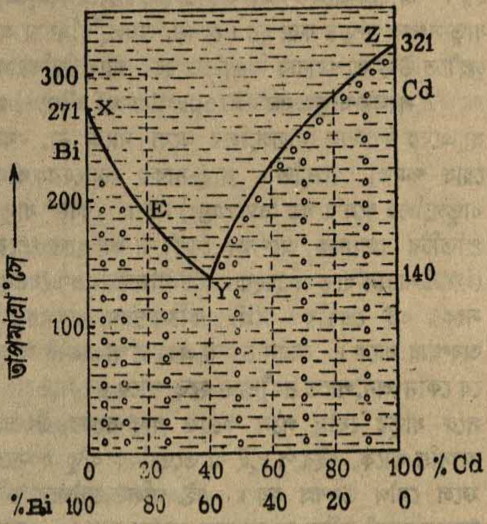
(3) একটি আন্তর্ধাতব যৌগ—এই ধরনের যৌগে ধাতুগুলি তাদের স্বাভাবিক যোজ্যতা প্রদর্শন করে না। বিভিন্ন প্রকার পিতল (Cu এবং Zn-এর ধাতু-সংকর) এই ধরনের ধাতু-সংকরের উদাহরণ।

ধাতু-সংকরের একটি উপাদান পারদ বা মারকারি হলে তাকে পারদ-সংকর (amalgam) **বলা হয়।**

তাপমাত্রা উপাদান লেখচিত্র (Temperature composition diagram) : ক্যাডমিয়াম ও বিসমাথের মিশ্রণের লেখচিত্র (চিত্র 1.5) এখানে দেখানো হল। এই ধাতু দুটি **গলিত অবস্থায়** যে কোন অনুপাতে মিশতে পারে। চিত্রের অনুভূমিক রেখা উপাদানের শতকরা পরিমাণ এবং উল্লম্ব রেখা এদের গলনাঙ্ক নির্দেশ করছে, লেখচিত্রে বিসমাথের গলনাঙ্ক (271°সে.) X-বিন্দু দিয়ে এবং ক্যাডমিয়ামের গলনাঙ্ক (321°সে) Z-দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। চিত্র থেকে দেখা যাচ্ছে Bi-এর মধ্যে Cd-মিশ্রিত করতে থাকলে মিশ্রণের গলনাঙ্ক XY-রেখা বরাবর কমতে থাকে যতক্ষণ না Y-বিন্দুতে

পেঁছায়, এরপর Cd-এর পরিমাণ বৃদ্ধি করতে থাকলে YZ-রেখা বরাবর গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পেতে থাকে যতক্ষণ না বিশুদ্ধ Cd-এর গলনাঙ্ক Z-বিন্দুতে পেঁছায়। যদি Cd-এর মধ্যে Bi-যুক্ত করা হয় তাহলে ZY-রেখা বরাবর গলনাঙ্ক কমতে থাকে যতক্ষণ না Y-বিন্দুতে পেঁছায় এবং আরও Bi-যুক্ত করলে YX-রেখা বরাবর গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পেতে থাকে যতক্ষণ না বিশুদ্ধ Bi-এর গলনাঙ্ক X-বিন্দুতে পেঁছায়।

ধরা যাক, কোন একটি গলিত ধাতু-সংকরে 300°সে. তাপমাত্রায় 20% Cd এবং 80% Bi আছে। এই গলিত মিশ্রণ বা দ্রবণকে 200°সে. তাপমাত্রায় (E বিন্দু) শীতল করলে বিশুদ্ধ Bi দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে যায়, এবং যত শীতল করা হয় আরও বেশী পরিমাণে Bi দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে পড়ে এবং মিশ্রণে Bi-এর পরিমাণ হ্রাস পায় এবং Cd-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এইরূপে শীতল করতে করতে Y-বিন্দুতে অর্থাৎ 140°সে. তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ মিশ্রণটি কঠিনে পরিণত হয়। এই তাপমাত্রায় মিশ্রণে 40% Cd এবং 60% Bi থাকে। এই 140°সে. তাপমাত্রা Bi-Cd-এর সংকরের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা, এই তাপমাত্রাকে ইউটেকটিক তাপমাত্রা (eutectic temperature) বলা হয়। এই ইউটেকটিক তাপমাত্রায় উপাদানগুলি যে পরিমাণে মিশ্রিত হয়ে ধাতু-সংকর গঠন করে তাকে ইউটেকটিক মিশ্রণ (eutectic mixture) বলে। বিসমাথ ও ক্যাডমিয়ামের ক্ষেত্রে ইউটেকটিক মিশ্রণে 40% Cd এবং 60% Bi থাকে।



চিত্র 1.5 : তাপমাত্রা-উপাদান লেখচিত্র।

ধাতু-সংকর সাধারণত কঠিন পদার্থ, অল্প কিছু তরল সংকর ধাতুও জানা আছে।

ধাতু-সংকর প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি নীচে সংক্ষেপে আলোচিত হল :

(i) **বিগলন পদ্ধতি** (Fusion) : এই পদ্ধতিটিই সবচেয়ে বেশী ব্যবহৃত হয়ে থাকে। সংকর ধাতু প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ নির্দিষ্ট পরিমাণে একত্রে মিশিয়ে বিগলিত করা হয়। এই বিগলিত পদার্থটিকে ঠান্ডা করে কঠিনে পরিণত করলে অভিষ্ট ধাতু-সংকর পাওয়া যায়। যেমন, পিতল (Brass)—কপার (60-80%) এবং জিংকের (40-20%) একটি সংকর ধাতু, এই ধাতু দুটি ঐ নির্দিষ্ট শতকরা অনুপাতে মিশিয়ে বিগলিত করে প্রস্তুত করা হয়। কিছু কিছু ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে উপাদান ধাতুসমূহ পৃথক পৃথক ভাবে গলিত করে গলিত ধাতু নির্দিষ্ট পরিমাণে মিশ্রিত করে অভিষ্ট সংকর ধাতু প্রস্তুত করা হয়। কপার (75-90%) এবং টিন (2·5-10%)-এর ধাতু-সংকর ব্রোঞ্জ (Bronze) এইভাবে প্রস্তুত করা হয়।

(ii) **চাপ প্রয়োগ পদ্ধতি** (By compression) : অনেক ক্ষেত্রে বিভিন্ন ধাতুর অতি সূক্ষ্ম চূর্ণ যান্ত্রিক উপায়ে চাপ দিয়ে বা পিটিয়ে ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। যেমন, উডের সংকর ধাতু (Wood's metal) বিসমাথ (50%), লেড (25%) এবং টিন (12·5%) ও ক্যাডমিয়াম (12·5%) একসঙ্গে পিটিয়ে উৎপন্ন করা হয় ; এই ধাতু 69·5°সে. তাপমাত্রায় গলে যায়।

(iii) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Electrolytic process) : দুই বা ততোধিক ধাতব লবণ মিশ্রিত দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে একসঙ্গে ক্যাথোডে বিভিন্ন ধাতু সঞ্চিত করে সংকর ধাতু তৈরি করা যায়। যেমন, কপার সায়ানাইড ও জিংক সায়ানাইডের মিশ্রণ পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণে দ্রবীভূত করে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে **পিতল** (Brass) ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

(iv) **বিজারণ পদ্ধতি** (Reduction process) : কিছু কিছু ধাতু-সংকর উপাদান ধাতুগুলির অক্সাইডগুলিকে উপযুক্ত অনুপাতে মিশ্রিত করে কার্বন দ্বারা বিজারিত করে প্রস্তুত করা হয়। আবার অনেক সময় একটি ধাতব যৌগ অন্য একটি ধাতু দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারিত করে ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। যেমন, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3)-কে ধাতব কপার দ্বারা তড়িৎ-চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারিত করে **অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ** (Cu-90%, Al-10%) প্রস্তুত করা হয়।

সংকর-ধাতুর ধর্ম (Properties of alloys) : সংকর-ধাতু সমূহের কিছু বিশিষ্ট ধর্ম থাকে যা এদের উপাদান মৌলগুলির মধ্যে থাকে না, যেমন কাঠিন্য (hardness), ক্ষয় (corrosion), রোধ ক্ষমতা প্রভৃতি। ধাতু-সংকর সমূহের ধর্মের বিস্তৃতি (magnitude) এদের উপাদান ধাতুগুলির ধর্মের গড় (average) নয়। কোন ধাতু-সংকরের গলনাঙ্ক এর উপাদান ধাতুগুলির প্রতিটির গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশী বা কম হতে পারে। ধাতু-সংকর তিন প্রকারের হতে পারে— (i) উপাদান ধাতু সমূহের একটি ঘনিষ্ঠ মিশ্রণ যেমন টিন ও লেডের সংকর এবং কপারের ও লেডের সংকর এই শ্রেণীর। (ii) কঠিন দ্রবণ, এক্ষেত্রে উপাদান ধাতুগুলি একটি অপরটির মধ্যে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। যেমন সোনা এবং রূপা একটি অপরটির সঙ্গে গলিত বা কঠিন যে কোন অবস্থায় যে কোন অনুপাতে দ্রবীভূত হতে পারে। সুতরাং সোনা-রূপা সংকর এই শ্রেণীর। (iii) ধাতুর সঙ্গে ধাতুর যৌগ গঠন করেও ধাতু-সংকর উৎপন্ন হয়। যে সব ধাতুর একটির প্রতি অপরটির আসক্তি থাকে, এইরূপ দুই বা ততোধিক ধাতু একসঙ্গে গলালে তাদের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগের ফলে যৌগ উৎপন্ন হয়। এই গলিত যৌগকে কঠিনে পরিণত করলে উপাদান ধাতুগুলি অপেক্ষা অনেক বেশী কঠিন সংকর ধাতু পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে ধাতুর সঙ্গে ধাতুর যে যৌগ গঠিত হয় তাতে ধাতুগুলির সাধারণ যোজ্যতা প্রদর্শন করে না। যেমন, এক খণ্ড অ্যালুমিনিয়াম গলিত কপারের মধ্যে নিক্ষিপ্ত করলে প্রচণ্ড তাপ উৎপন্ন হয়, ফলে পুরো বস্তুটি উজ্জ্বল তপ্ত সাদা পদার্থে পরিণত হয়। Cu_9Al_4, AuZn, Cu_3Sn প্রভৃতি এই শ্রেণীর ধাতু-সংকর।

সারণী 1.3 : কতিপয় পরিচিত ধাতু-সংকর এবং এদের উপাদানসমূহের শতকরা তৌলিক অনুপাত ও ব্যবহার :

ধাতু-সংকর	উপাদানসমূহের শতকরা তৌলিক অনুপাত	ব্যবহার
কাঁসা (Bell-metal)	Cu 76–80, Sn 20–25	ঘন্টা, বাসনপত্র, মূর্তি, মুদ্রা প্রভৃতি প্রস্তুতিতে।
পিতল (Brass)	Cu 60—80, Zn 40—20	বাসনপত্র, বিভিন্ন যন্ত্রাংশ, জলের কল প্রভৃতি তৈরিতে।
ডুরালুমিন (Duralumin)	Al 94.4, Cu 4, Mg 0·5 Mn 0·6	বিমান, মোটর গাড়ীর নানা অংশ ও বিভিন্ন যানবাহনে ব্যবহৃত হয়।
জার্মান সিলভার (German-silver)	Cu 50—60, Zn 25, Ni 15—25	গয়না, বিভিন্ন সৌখিন দ্রব্য, বাসন-পত্র প্রস্তুতিতে।
ম্যাগনেলিয়াম (Magnelium)	Al 60—95, Mg 5—40	বৈজ্ঞানিক যন্ত্রপাতি প্রস্তুতিতে।
স্টেনলেস-স্টীল (Stainless steel)	Fe 75–90, Cr 10—15	চিকিৎসাশাস্ত্রে ব্যবহৃত অস্ত্র, যন্ত্রপাতি ইত্যাদি প্রস্তুতিতে।
ব্রোঞ্জ (Bronze)	Cu 75—90, Sn 25—10	মুদ্রা, মূর্তি প্রভৃতি নির্মাণে।
নাইক্রোম (Nichrome)	Ni 54–80, Cr 10–22, Fe 5–27	তড়িৎ-তাপ উৎপন্নের যন্ত্রে ব্যবহার হয়।
টাইপমেটাল (Typemetal)	Pb 75, Sn 5, Sb 20	ছাপার অক্ষর প্রস্তুতিতে।

প্রশ্ন ঃ 1.15 হাল্কা ধাতু ও ভারী ধাতু কাদের বলা হয় ? উদাহরণ দাও।

1.16 খনিজ পদার্থ কি ? আকরিক ও খনিজ পদার্থের মধ্যে প্রভেদ আছে কি ?

1.17 সব আকরিকই খনিজ পদার্থ, কিন্তু সব খনিজ পদার্থই আকরিক নয়। ব্যাখ্যা কর।

1.18 খনিজমল কি বস্তু ?

1.19 চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রয়োগে আকরিক গাঢ়ীকরণের নীতি কি ?

1.20 কোন্ ধরনের আকরিককে ভস্মীকরণ এবং কোন্ ধরনের আকরিককে তাপ জারণ প্রক্রিয়ায় অক্সাইডে পরিণত করা হয় ?

1.21 বিগালক কি ? এর প্রয়োজনীয়তা কি ?

1.22 ধাতুমল কাকে বলে ?

1.23 খনিজমলের প্রকৃতি কি ধরনের হতে পারে ?

1.24 কি ধরনের খনিজমল অপসারিত করতে কি ধরনের গালক ব্যবহার করা হয় ? উদাহরণ দাও।

1.25 কোন্ ক্ষেত্রে খনিজমল অপসারণের জন্য বিগালক ব্যবহার করা হয় না ?

1.26 আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন প্রক্রিয়াটি কি ধরনের বিক্রিয়া ?

1.27 কার্বন বিজারণ পদ্ধতি কি ধরনের ধাতু নিষ্কাশনের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ?

1.28 স্বতঃ বিজারণ কাকে বলে ? এই পদ্ধতির নীতি কি ?

1.29 থার্মিট পদ্ধতির নীতি কি ?

1.30 কি প্রকারের ধাতু তড়িৎ বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয় ?

1.31 Na, K, Ca প্রভৃতি ধাতু তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশনে এই ধাতুগুলির লবণের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করা হয় না কেন ?

1.32 ধাতু-সংকর ও পারদ-সংকরের মধ্যে পার্থক্য কি ?

1.33 ধাতু-সংকর কি ধরনের পদার্থ ?

1.34 ইউটেকটিক তাপমাত্রা এবং ইউটেকটিক মিশ্রণ কাকে বলে ?

1.35 ধাতু-সংকরের ধর্ম কি এর উপাদান মৌলগুলির ধর্মের গড় ?

1.36 (a) সোডিয়াম এবং কপার—এই ধাতু দুটির কোন্‌টিকে স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে এবং কোন্‌টিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করতে হবে ? কেন ?

(b) ক্যালসিয়াম এবং জিঙ্ক—এই ধাতু দুটির কোন্‌টিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ এবং কোন্‌টিকে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করবে ? কেন ?

1A. সোডিয়াম

প্রতীক চিহ্ন Na	ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$
পরমাণু ক্রমাঙ্ক 11	যোজ্যতা 1
পারমাণবিক ওজন 22·98	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান ঃ গ্রুপ IA

1A.1 অবতরনিকা (Introduction)

সোডিয়াম একটি ক্ষারীয় ধাতু (alkali metal)। 1807 সালে বিগলিত কস্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে বিজ্ঞানী স্যার হামফ্রে ডেভী ধাতুটি প্রথম প্রস্তুত করেন।

1A.2 প্রকৃতিতে অবস্থান (Occurrence in Nature)

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর একেবারে উপরের দিকে অবস্থিত হওয়ার জন্য সোডিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু। প্রকৃতিতে কখনই মুক্ত অবস্থায় সোডিয়াম পাওয়া যায় না। অবশ্য যৌগরূপে প্রকৃতিতে এটি প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য সোডিয়ামের যৌগগুলির নাম নীচে দেওয়া হল :

(a) **সোডিয়াম ক্লোরাইড (খাদ্য লবণ)** (Common salt) (NaCl) সমুদ্রের জলে (2·6%), লবণ হ্রদে ও লবণের খনিতে সৈন্ধব লবণরূপে পাওয়া যায়।

(b) **সোডিয়াম নাইট্রেট** বা চিলি-সল্ট পিটার (Chile salt peter) ($NaNO_3$) চিলির সমুদ্র উপকূল অঞ্চলে পাওয়া যায়।

(c) **সোডিয়াম কার্বনেট** (Na_2CO_3), বালি ও মাটির সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। এটি মিশরে ট্রোনা (Trona) এবং ভারতে সাজিমাটি নামে পরিচিত।

(d) **সোডিয়াম টেট্রাবোরেট** বা বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$), তিব্বতের হ্রদে, হিমালয়ের পার্বত্য অঞ্চলে (কাশ্মীরে), শ্রীলঙ্কা ও ক্যালিফোর্নিয়ায় পাওয়া যায়।

(e) **ফ্লুওরাইড :** ক্রায়োলাইট (cryolite), সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ও অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুওরাইডের একটি দ্বিলবণ, (Na_3AlF_6)।

1A.3 নিষ্কাশন (Extraction)

ধাতব সোডিয়াম তীব্র বিজারক পদার্থ। কাজেই রাসায়নিক বিজারক দ্রব্য দ্বারা সোডিয়াম যৌগকে ধাতব সোডিয়ামে বিজারিত করা সম্ভব নয় (একমাত্র চরম অবস্থার প্রয়োগ ব্যতীত)। সোডিয়াম যৌগের তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতেই কেবল সোডিয়াম প্রস্তুত করা সম্ভব।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে, গলিত কস্টিক সোডার (কাস্টনার পদ্ধতি) বা গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের (ডাউন্‌স পদ্ধতি) তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে ধাতব সোডিয়াম প্রস্তুত করা হয়। বর্তমানে সোডিয়ামের বাণিজ্যিক উৎপাদনে ডাউন্‌স পদ্ধতিটিই ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে।

1. কাস্টনার পদ্ধতি (Castner process) :

নীতি (Principle) : এই পদ্ধতিতে লোহ ক্যাথোড এবং নিকেল অ্যানোড ব্যবহার করে **গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ** করা হয়। ক্যাথোডে সোডিয়াম এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হয়। ক্যাথোডে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেনও অবশ্য উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া : **গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিয়োজন**

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $OH^- - e \rightarrow [OH]\ ;\ 4[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$

ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সামান্য হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে :

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$$

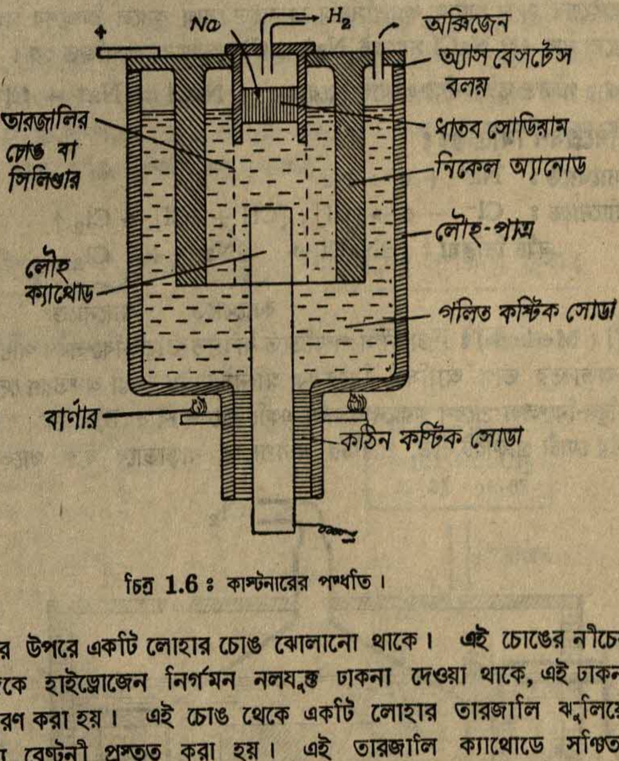
সম্পূর্ণ বিক্রিয়াকে নীচের সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় :

$$2NaOH \rightarrow \underbrace{2Na + H_2}_{\text{ক্যাথোডে উৎপন্ন পদার্থ}} + \underbrace{O_2\uparrow}_{\text{অ্যানোডে উৎপন্ন পদার্থ}}$$

অর্থাৎ, বিক্রিয়ায় ক্যাথোডে উৎপন্ন হয় ধাতব সোডিয়াম এবং সামান্য হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস। ক্যাথোডের হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়ে যায়।

[বিগলিত অনার্দ্র কস্টিক সোডার পরিবর্তে কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে সোডিয়ামের পরিবর্তে হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হত। (এ প্রসঙ্গে প্রথম খণ্ডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ অধ্যায় দ্রষ্টব্য।)]

প্রণালী (Method) ঃ আয়তাকার বা চোঙাকৃতির ঢালাই লোহার তৈরি পাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অনার্দ্র কস্টিক সোডা এই পাত্রে নিয়ে, পাত্রের নীচে রক্ষিত গ্যাস বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করে প্রারম্ভে কস্টিক সোডাকে গলিত করা হয়। পাত্রটিকে প্রায় 330° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত রাখা হয় (কস্টিক সোডার গলনাঙ্ক 318° সে.)। তড়িৎ-বিশ্লেষণ আরম্ভ হলে কস্টিক সোডার মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহিত হবার ফলে যে তাপ উৎপন্ন হয় সেটাই কস্টিক সোডাকে গলিত অবস্থায় রাখে, বাইরে থেকে আর তাপ দেবার প্রয়োজন হয় না। পাত্রটির তলদেশ থেকে একটি ইস্পাতের দন্ডকে ক্যাথোড হিসাবে পাত্রের মধ্যদেশ পর্যন্ত উল্লম্বভাবে শক্ত করে আটকানো হয়, (পাত্রের তলদেশে কঠিনরূপে জমাটবাঁধা কস্টিক সোডা ইস্পাতের দন্ডটিকে লম্বভাবে রাখতে সাহায্য করে)। অ্যানোড হিসাবে লৌহ পাত্রের উপর থেকে একটি নিকেলের চোঙ ক্যাথোডকে বেষ্টন করে ঝুলিয়ে দেওয়া হয়।



চিত্র 1.6 ঃ কাস্টনারের পদ্ধতি।

ক্যাথোডের উপরে একটি লোহার চোঙ ঝোলানো থাকে। এই চোঙের নীচের দিক খোলা এবং উপরের দিকে হাইড্রোজেন নির্গমন নলযুক্ত ঢাকনা দেওয়া থাকে, এই ঢাকনা সরিয়ে ধাতব সোডিয়াম অপসারণ করা হয়। এই চোঙ থেকে একটি লোহার তারজালি ঝুলিয়ে ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে বেষ্টনী প্রস্তুত করা হয়। এই তারজালি ক্যাথোডে সঞ্চিত সোডিয়ামকে অ্যানোডের দিকে যেতে দেয় না। ক্যাথোডের উপরিভাগে হাইড্রোজেন নির্গমনের এবং অ্যানোডের উপরিভাগে অক্সিজেন নির্গমনের পথ থাকে।

ক্যাথোডটি সম্পূর্ণরূপে এবং অ্যানোডের বেশীর ভাগ অংশ গলিত কস্টিক সোডার মধ্যে নিমজ্জিত রাখা হয়। অ্যানোডকে তড়িৎ-উৎসের ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে এবং ক্যাথোডকে ঋণাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়।

ক্যাথোডে মুক্ত সোডিয়াম গলিত অবস্থায় লোহার চোঙে জমা হয় এবং গলিত অবস্থায় এটি কস্টিক সোডার চেয়ে হাল্কা হওয়ার জন্য গলিত কস্টিক সোডার উপরে ভেসে থাকে। ক্যাথোডের উপরের চোঙে সোডিয়ামের উপরে হাইড্রোজেন জমা হয় এবং উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রোজেন দ্বারা আবৃত থাকার ফলে বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না। অতিরিক্ত হাইড্রোজেন ঢাকনার সঙ্গে যুক্ত নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে যায়। উৎপন্ন সোডিয়াম মাঝে মাঝে নিকেল-নির্মিত ঝাঁঝরা

বেলচার সাহায্যে বের করে এনে কেরোসিনের মধ্যে জমা রাখা হয়। অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন লৌহপাত্রের উপরে যুক্ত নির্দিষ্ট নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে যায়।

2. ডাউন্‌স পদ্ধতি (Downs-process) :

নীতি (Principle) : এই পদ্ধতিতে **গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে কিছুটা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড** মিশ্রিত করে 600°সে. তাপমাত্রায়, **লৌহ ক্যাথোড** এবং **গ্রাফাইট অ্যানোড** ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন সোডিয়াম ক্যাথোডে এবং ক্লোরিন গ্যাস অ্যানোডে মুক্ত হয়।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 815°সে.। এই তাপমাত্রায় সোডিয়াম উদ্বায়ী হয়ে যায় এবং ক্লোরিন তড়িৎ-দ্বারকে ক্ষয় করে। উৎপন্ন সোডিয়াম গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে কলয়ডীয় অবস্থার সৃষ্টি করে। এই অবস্থায় সোডিয়াম নিষ্কাশন প্রায় অসম্ভব হয়ে পড়ে। সেইজন্য সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সামান্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে মিশ্রণের গলনাঙ্ক 600°সে. তাপমাত্রায় নামানো যায় এবং NaCl সহজেই Na^+ ও Cl^- আয়নে বিয়োজিত হয়।

বিক্রিয়া : গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজন $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$

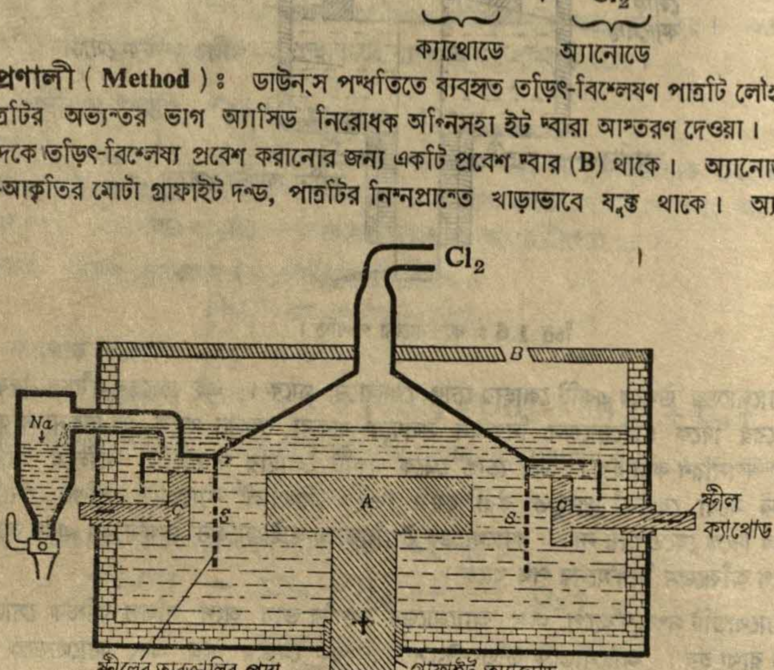
তড়িৎ-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

ক্যাথোডে : $Na^+ + e \rightarrow Na$

অ্যানোডে : $Cl^- - e \rightarrow [Cl]\,;\ [Cl] + [Cl] \rightarrow Cl_2 \uparrow$

নীট বিক্রিয়া : $2NaCl \rightarrow \underbrace{2Na}_{\text{ক্যাথোডে}} + \underbrace{Cl_2}_{\text{অ্যানোডে}}$

প্রণালী (Method) : ডাউন্‌স পদ্ধতিতে ব্যবহৃত তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রটি লৌহ-নির্মিত এবং পাত্রটির অভ্যন্তর ভাগ অ্যাসিড নিরোধক অগ্নিসহ ইট দ্বারা আস্তরণ দেওয়া। পাত্রটির উপরের দিকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য প্রবেশ করানোর জন্য একটি প্রবেশ দ্বার (B) থাকে। অ্যানোডটি (A) একটি T-আকৃতির মোটা গ্রাফাইট দণ্ড, পাত্রটির নিম্নপ্রান্তে খাড়াভাবে যুক্ত থাকে। অ্যানোডকে



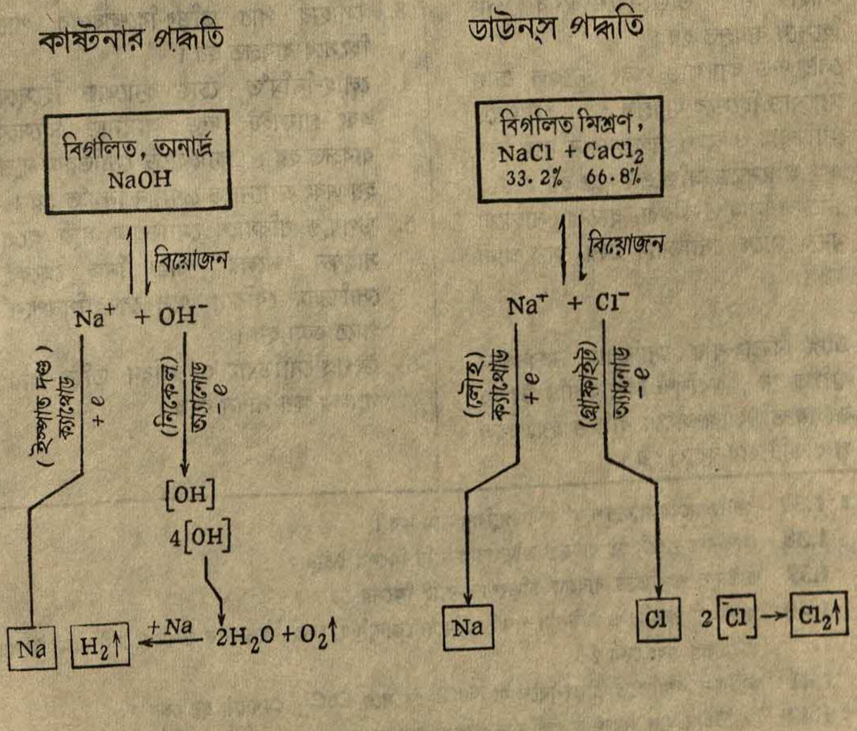
চিত্র 1.7 : ডাউন্‌সের পদ্ধতি।

ঘিরে অল্প কিছুটা দূরে পাত্রের পার্শ্বদেশ দিয়ে ঢোকানো অ্যানোডকে বেষ্টন করে গোলাকার স্টীল ক্যাথোড (C,D) বসানো থাকে। লোহা বা চিনামাটি নির্মিত ফানেলআকৃতির ঢাকনা দ্বারা অ্যানোডটি ঢাকা থাকে। এই ঢাকনার উপরের নির্গমনল দিয়ে অ্যানোডে মুক্ত ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়। এই ঢাকনা থেকে লৌহ-নির্মিত সরু তারজালি (S) ঝুলিয়ে অ্যানোডকে ক্যাথোড থেকে পৃথক করা হয়,

যাতে ক্যাথোডে সঞ্চিত সোডিয়াম অ্যানোডের সংস্পর্শে না আসে। ক্যাথোডের উপরে একটি ঢাকনা থাকে। এটি তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের বাইরে অবস্থিত কেরোসিনপূর্ণ পাত্রের সঙ্গে একটি সাইফন নলের দ্বারা যুক্ত থাকে।

সোডিয়াম ক্লোরাইড (33·2%) ও অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (66·8%) একটি ইউটেকটিক মিশ্রণ (eutectic mixture) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসেবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের উপরে অবস্থিত নির্দিষ্ট পথে পাত্রে প্রবেশ করানো হয়। এই মিশ্রণকে তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা 600°—620°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এখন ক্যাথোডকে তড়িৎ-উৎসের বা ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরু এবং অ্যানোডকে ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত করে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে শুধুমাত্র সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ বিশ্লিষ্ট হয় [কারণ Ca-এর তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব (discharge potential) Na-এর তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব অপেক্ষা বেশী, সুতরাং Na^+ আয়ন, $CaCl_2$ থেকে উৎপন্ন Ca^{+2}-এর আগে মুক্ত হয়] এবং সোডিয়াম গলিত অবস্থায় ক্যাথোডে এবং ক্লোরিন অ্যানোডে মুক্ত হয়। গলিত সোডিয়াম গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অপেক্ষা হাল্কা হওয়ার জন্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপরে এবং ক্যাথোড ঢাকনার নীচে জমা হয়। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম জমা হলে সাইফন নলের সাহায্যে একে **কেরোসিনপূর্ণ পাত্রে সঞ্চিত করা হয়।** অ্যানোডের উপরের ঢাকনার সঙ্গে যুক্ত নির্দিষ্ট নির্গম পথে ক্লোরিন গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত ছক :



কাস্টনার ও ডাউন্‌স পদ্ধতির তুলনা (Comparison between Castner's process and Down's process) :

কাস্টনার পদ্ধতি	ডাউন্‌স পদ্ধতি
1. এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল গলিত কস্টিক সোডা, যা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে কাঁচামালের মূল্য বেশী পড়ে।	1. এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ। সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রাকৃতিক উৎস থেকে সহজেই পাওয়া যায়। এই পদ্ধতির কাঁচামাল সস্তায় পাওয়া যায়।
2. গলিত NaOH-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ কম তাপমাত্রায় (320°—330°সে.) করা হয়, সুতরাং Na-এর অপচয় কম হয়।	2. উচ্চ তাপমাত্রায় (600°—620°সে.) তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। এই তাপমাত্রা বজায় রাখতে কিছু বেশী খরচ হয় এবং এই তাপমাত্রায় কিছু সোডিয়াম বাষ্পীভূত হয়ে নষ্ট হয়। এই ক্ষতি সত্ত্বেও ডাউন্‌স পদ্ধতি, কাস্টনার পদ্ধতি অপেক্ষা লাভজনক, কারণ এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাঁচামাল সস্তা, উপরন্তু উপজাত হিসেবে প্রাপ্ত ক্লোরিন লাভের পরিমাণ বাড়িয়ে দেয়।
3. লোহার পাত্র তড়িৎ-বিশ্লেষণের পাত্র হিসেবে ব্যবহৃত হয়।	3. লোহার পাত্র তড়িৎ-বিশ্লেষণের পাত্র হিসেবে ব্যবহৃত হয়।
4. লৌহ দণ্ড ক্যাথোড এবং নিকেল চোঙ অ্যানোড হিসেবে ব্যবহৃত হয়। ক্যাথোডে সোডিয়াম ও স্বল্প হাইড্রোজেন মুক্ত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হয়।	4. লৌহ-নির্মিত চোঙ ক্যাথোড হিসেবে এবং গ্রাফাইট দণ্ড অ্যানোড হিসেবে ব্যবহৃত হয়। ক্যাথোডে সোডিয়াম মুক্ত হয় এবং অ্যানোডে ক্লোরিন নির্গত হয়।
5. নিকেল-নির্মিত ঝাঁঝরা হাতার সাহায্যে মাঝে মাঝে সোডিয়াম বের করে আনা হয়।	5. উপযুক্ত পরিমাণে সোডিয়াম মুক্ত হলে সাইফন নলের দ্বারা নিজ থেকেই সোডিয়াম বেরিয়ে এসে কেরোসিনপূর্ণ পাত্রে জমা হয়।
6. 50% বিদ্যুৎ-শক্তি সোডিয়াম নিষ্কাশনে ব্যয়িত হয় ; অবশিষ্ট বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপন্ন জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ব্যয়িত হয়, ফলে পদ্ধতিটি ব্যয়-বহুল হয়।	6. উৎপন্ন সোডিয়াম ও ক্লোরিন তড়িৎ-দ্বার গুলির ক্ষয় সাধন করে।

প্রশ্ন : **1.37** সোডিয়ামের গুরুত্বপূর্ণ খনিজগুলির নাম কর।

1.38 কাস্টনার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বার-দুটি কিসের তৈরি ?

1.39 ডাউন্‌স পদ্ধতিতে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বার-দুটি কিসের তৈরি ?

1.40 কাস্টনার পদ্ধতি ও ডাউন্‌স পদ্ধতির মধ্যে কোন্‌টির দ্বারা লাভজনক উপায়ে সোডিয়াম উৎপন্ন করা যায় এবং কেন ?

1.41 ডাউন্‌স পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য NaCl-এর সঙ্গে $CaCl_2$ মেশানো হয় কেন ?

1.42 সোডিয়াম মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, কেন ?

1.43 সাজিমাটি কি বস্তু ?

1.44 ক্রায়োলাইট খনিজটির আণবিক সংকেত লেখ।

1.45 কাস্টনার পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনে, ক্যাথোডে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, বিক্রিয়ার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

1.46 ক্যাথোডের উপরে সঞ্চিত সোডিয়াম বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না কেন ?

1.47 সোডিয়াম কেরোসিনের নীচে রাখা হয় কেন ?

1.48 সোডিয়ামকে কি জলের নীচে রাখা যায় ?

1.49 ডাউন্‌স পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করা হয় কেন ?

1.50 সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে শুধু সোডিয়াম মুক্ত হয়, ক্যালসিয়াম মুক্ত হয় না, কেন ?

1.51 শুধু গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করতে গেলে কোনও সমস্যার সৃষ্টি হত কি ?

1.52 সোডিয়াম যৌগের রাসায়নিক বিজারক দ্রব্য দ্বারা বিজারণের মাধ্যমে সোডিয়াম নিষ্কাশন সম্ভব কি ?

1.53 গলিত কস্টিক সোডার পরিবর্তে কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম নিষ্কাশন করা যায় কি ?

1.54 সোডিয়াম নিষ্কাশনের ডাউন্‌স পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের পরিবর্তে সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হয় না কেন ? ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অনার্দ্র হওয়া প্রয়োজন কেন ?

1B. ক্যালসিয়াম

প্রতীক চিহ্ন Ca	ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 20	জারণ-সংখ্যা +2
পারমাণবিক ওজন 40·08	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান ঃ গ্রুপ IIA

1B.1 অবতরণিকা (Introduction)

ক্যালসিয়াম ক্ষারীয় মৃত্তিক (alkaline earth) শ্রেণীভুক্ত ধাতু। 1808 সালে ডেভী ধাতুটি আবিষ্কার করেন (সোডিয়াম আবিষ্কারের পরবর্তী বছরে)। প্রাচুর্যের দিক থেকে ক্যালসিয়ামের স্থান সমস্ত মৌলগুলির মধ্যে পঞ্চম এবং ধাতব মৌলসমূহের মধ্যে তৃতীয় (অ্যালুমিনিয়াম এবং আয়রনের পরেই ক্যালসিয়ামের স্থান)। ক্যালসিয়াম নামটি এসেছে ল্যাটিন শব্দ Calx থেকে, যার অর্থ lime বা চুন—যেটি হল ক্যালসিয়ামের একটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ এবং যার ব্যবহার বহু প্রাচীনকাল থেকেই প্রচলিত।

1B.2 প্রকৃতিতে অবস্থান (Occurrence in nature)

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, (এর তীব্র রাসায়নিক সক্রিয়তার জন্য) অন্যান্য মৌলের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

ক্যালসিয়ামের নিম্নলিখিত যৌগগুলি গুরুত্বপূর্ণ ঃ

(i) কার্বনেট (Carbonate) ঃ চুনাপাথর (Lime stone), মার্বেল (Marble), চক (Chalk), কোরাল (Coral), ক্যালসাইট (Calcite), আইসল্যাণ্ড স্পার (Iceland spar), $CaCO_3$, ডলোমাইট (Dolomite), $CaCO_3$, $MgCO_3$।

(ii) সালফেট (Sulphate) ঃ জিপসাম $CaSO_4$, $2H_2O$

(iii) **ফসফেট** (Phosphate) : ফসফোরাইট (Phosphorite) $Ca_3(PO_4)_2$, অ্যাপাটাইট (Apatite), $3Ca_3(PO_4)_2\ CaF_2$;

(iv) **ফ্লুওরাইড** (Fluoride) : ফ্লুওরস্পার (Fluorspar) CaF_2 ;

(v) **সিলিকেট** (Silicate) : লাইমফেলস্পার, $CaAl_2\ Si_2O_8$;

ক্যালসিয়াম, ক্যালসিয়াম ফসফেট হিসেবে প্রাণিদেহের হাড়ে, এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট হিসেবে জলজ প্রাণীর খোলে, ডিমের খোলে থাকে। দাঁতে ক্যালসিয়াম ফ্লুওরাইড হিসেবে থাকে। ক্যালসিয়ামের **প্রধান আকরিক** হচ্ছে এর কার্বনেট যৌগ, যা চুনাপাথর, মার্বেল, চক, ডলোমাইট প্রভৃতিতে পাওয়া যায়। ভারতে রাজস্থান, জম্মু ও কাশ্মীর এবং তামিলনাড়ুতে জিপসাম পাওয়া যায়। জিপসামের মোট মজুতের আনুমানিক পরিমাণ প্রায় 120·45 মেট্রিক টন। বিহার, ওড়িশা, মধ্যপ্রদেশে চুনাপাথর ও ডলোমাইট ; মধ্যপ্রদেশ, রাজস্থান, হিমাচল প্রদেশের জব্বলপুর এবং পাঞ্জাবে মার্বেল ও ফ্লুওরস্পার পাওয়া যায়।

ক্যালসিয়ামের কার্বনেট আকরিকের ভস্মীকরণের ফলে প্রচুর পরিমাণে ক্যালসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; কিন্তু অক্সাইড থেকে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে এই ধাতু নিষ্কাশন করা যায় না। ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে কার্বনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয়, ক্যালসিয়াম মুক্ত হয় না।

1B.3 নিষ্কাশন (Extraction)

(A) **নীতি** (Principle) : বাণিজিক উপায়ে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশিত হয় গলিত অনার্দ্র **ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ** দ্বারা। গ্রাফাইট পাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 774° সে., কিন্তু ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সামান্য পরিমাণে ফ্লুওরস্পার (CaF_2) মেশালে মিশ্রণের গলনাঙ্ক 664° সে. তাপমাত্রায় নেমে আসে। তড়িৎ-বিশ্লেষণে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত হয়।

গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের বিযোজন $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2Cl^-$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

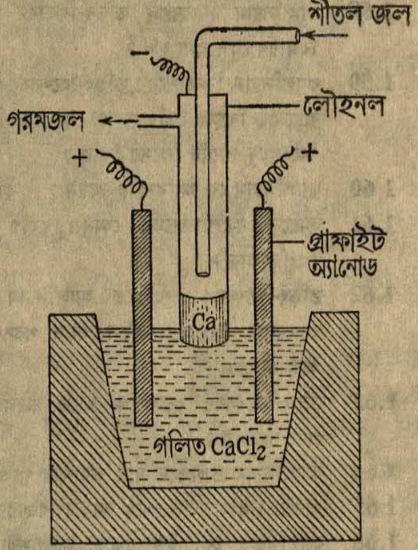
ক্যাথোডে : $Ca^{2+} + 2e \rightarrow Ca$

অ্যানোডে : $2Cl_2^- - 2e \rightarrow Cl_2 \uparrow$

প্রণালী (Method) : ভিতরের দিকে সম্পূর্ণরূপে গ্রাফাইট দ্বারা আবৃত লোহার পাত্রে (বা গ্রাফাইট মুচীতে) তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ফ্লুওরাইডের 6 : 1 তৌলিক অনুপাতের একটি মিশ্রণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে নেওয়া হয়। তড়িৎ প্রবাহের সাহায্যে মিশ্রণকে 700° সে. তাপমাত্রায় গলিত অবস্থায় রাখা হয়। সামান্য পরিমাণে CaF_2 মিশ্রিত করার ফলে $CaCl_2$-এর গলনাঙ্ক 774° সে. থেকে নেমে 664° সে. হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রটির নীচে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করা হয়। এর ফলে গ্রাফাইট আস্তরণের উপর কঠিন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের স্তর পড়ে, এই স্তর গ্রাফাইটের ক্ষয় রোধ করে, দুটি গ্রাফাইট পাতের অ্যানোড লম্বভাবে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে ঝুলিয়ে রাখা হয়। দুটি অ্যানোডের মধ্যস্থলে একটি ফাঁপা লোহার নল ক্যাথোড হিসেবে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে খুব সামান্য পরিমাণে ডুবিয়ে রাখা হয়, ক্যাথোডটির মধ্য দিয়ে শীতল জল প্রবাহিত করে ওটিকে ঠাণ্ডা রাখা হয়। এই ক্যাথোডটি স্বয়ংক্রিয় স্ক্রুর সাহায্যে প্রয়োজন মত নামানো-ওঠানো যায় (চিত্র 1.8)।

তড়িৎ-প্রবাহিত করলে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিযোজিত হয়ে অ্যানোডে ক্লোরিন মুক্ত হয় এবং গলিত ক্যালসিয়াম শীতলীকৃত ক্যাথোডে জমা হয় এবং দ্রুত কঠিনে পরিণত হয়। ফাঁপা ক্যাথোডটিতে ক্যালসিয়াম জমা হতে থাকলে ক্যাথোডটি স্বয়ংক্রিয় স্ক্রুর সাহায্যে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপরে উঠে যায় এবং ক্যালসিয়াম ক্যাথোডের সঙ্গে দণ্ডের আকার ধারণ করে গলিত

তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সংস্পর্শে থাকে, এই ক্যালসিয়াম নিজেই তখন ক্যাথোডের কাজ করে। এই ধাতব ক্যালসিয়াম দণ্ডের উপর ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের একটি কঠিন আস্তরণ পড়ে, ফলে ক্যালসিয়াম বায়ুস্থিত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না বা অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। লৌহ ক্যাথোড থেকে ক্যালসিয়াম সংগ্রহ করে একে আবার ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়। সংগৃহীত ক্যালসিয়াম আর্গনের উপস্থিতিতে গলিয়ে 95% বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করা হয়। বায়ুশূন্য পাত্রে 800° সে. তাপমাত্রায় পাতিত করলে বিশুদ্ধ ধাতু পাতিত হয়ে শীতল গ্রাহকপাত্রে সংগৃহীত হয়।

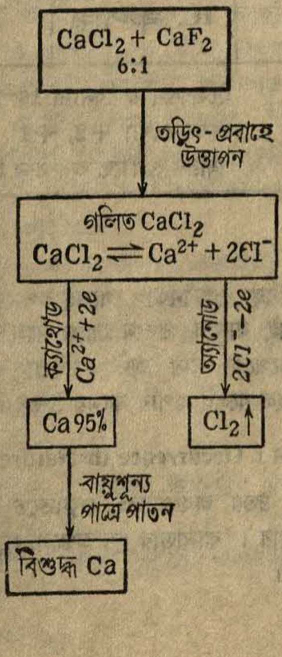


চিত্র 1.8 : ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্র।

(3) বিশুদ্ধ এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে বিশুদ্ধ ধাতব অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উদ্বায়ী হয়ে পৃথক হয়ে যায়।

$$3CaCl_2 + 2Al = 3Ca + 2AlCl_3$$

ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত ছক:



প্রশ্ন : 1.55 ক্যালসিয়াম কি মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও ।

1.56 যে যৌগ থেকে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন করা হয় সেটির নাম এবং সংকেত লেখ ।

1.57 ক্যালসিয়াম অক্সাইডের কার্বন দ্বারা বিজারণ পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি সম্ভব কি ?

1.58 ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে সম্পন্ন করা হয় কেন ? পদ্ধতিটিকে তড়িৎ-বিজারণ কেন বলা হল ?

1.59 ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে : (a) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কি ? (b) ক্যাথোড এবং অ্যানোড কিসের তৈরি ? (c) ক্যাথোড-বিক্রিয়া কি ? (d) অ্যানোড-বিক্রিয়া কি ? (d) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রটি কিসের তৈরি ?

1.60 ক্যালসিয়াম কে আবিষ্কার করেন ? 'ক্যালসিয়াম' নামটির কারণ কি ?

1.61 ভারতে ক্যালসিয়ামের কোনও যৌগ পাওয়া যায় কি ? পাওয়া গেলে কোথায় কোথায় পাওয়া যায় ?

1.62 তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন কালে ক্যাথোডে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম এবং অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস পরস্পরের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পুনরায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে না কেন ?

1.63 তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে ক্যাথোডে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম বায়ু দ্বারা জারিত হওয়া থেকে রক্ষা পায় কিভাবে ?

1.64 ক্যালসিয়াম প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন ?

1.65 ক্যালসিয়াম অক্সাইড থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশন করা যায় না কেন ?

1.66 ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড থেকে ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনের জন্য কিছুটা ক্যালসিয়াম ফ্লুওরাইড মেশান হয় কেন ?

1.67 ক্যাথোডে সঞ্চিত ক্যালসিয়াম, বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া না করার কারণ কি ?

1.68 তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম কতটা বিশুদ্ধ ? এই ক্যালসিয়াম কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয় ?

1.69 কোন্ পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করা যায় ?

1C. কপার

প্রতীক চিহ্ন Cu	ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 29	জারণ-সংখ্যা +2, +1
পারমাণবিক ওজন 63.54	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান : গ্রুপ IB

1C.1 সূচনা (Introduction)

কপার একটি মুদ্রা ধাতু। বহু প্রাচীনকাল থেকেই কপারের ব্যবহার প্রচলিত (প্রকৃতপক্ষে ধাতুসমূহের মধ্যে কপারের ব্যবহারই মানুষ প্রথমে শেখে বলে অনুমিত হয়)। কপার নামটি এসেছে ল্যাটিন শব্দ **Cuprum** থেকে—যার অর্থ **সাইপ্রাস**। সাইপ্রাসে কপারের ব্যবহার 2500 খৃষ্টপূর্বাব্দ থেকে প্রচলিত ছিল বলেই কপার নামের উদ্ভব।

1C.2 প্রকৃতিতে অবস্থান (Occurrence in Nature)

কপার মুক্ত ধাতু এবং যৌগ উভয় অবস্থাতেই প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। প্রকৃতিতে খুব অল্প পরিমাণে ধাতব কপার পাওয়া যায়। কানাডার হ্রদ অঞ্চলে, সুইডেন, সাইবেরিয়া এবং ইউরাল পর্বতমালা অঞ্চলে কপার পাওয়া যায়।

কপারের প্রধান প্রধান খনিজ হল ঃ

(i) সালফাইড (Sulphide) ঃ চ্যালকো পাইরাইট বা কপারপিরাইটিস (Chalcopyrite or Copperpyrites) Cu_2S, Fe_2S_3 বা $CuFeS_2$; চ্যালকোসাইট বা কপার গ্লান্স (Chalcocite or Copper glance) Cu_2S ; বর্নাইট $3Cu_2S, Fe_2S_2$ ।

(ii) অক্সাইড (Oxide) ঃ কিউপ্রাইট (Cuprite) Cu_2O ; টেনোরাইট বা মেলাকোনাইট (Tenorite or melaconite) CuO ;

(iii) কার্বনেট (Carbonate) ঃ ম্যালাকাইট (Malachite) $CuCO_3, Cu(OH)_2$, অ্যাজুরাইট (Azurite) $2CuCO_3, Cu(OH)_2$;

(iv) সালফেট (Sulphate) ঃ ব্রোকামাইট (Brochamite) $CuSO_4, 3Cu(OH)_2$

(v) ক্লোরাইড (Chloride) ঃ অ্যাটাক্যামাইট (Atacamite) $CuCl_2, 3Cu(OH)_2$;

(vi) সিলিকেট (Silicate) ঃ ক্রাইসোকোলা (Crysocolla) $CuSiO_3, 2H_2O$ [$CuO, SiO_2, 2H_2O$] ।

চ্যালকোপাইরাইট বা কপার পিরাইটিস কপারের প্রধান আকরিক। ভারত কপার আকরিক সমৃদ্ধ দেশ নয়। ভারতের কপার আকরিক সমৃদ্ধ গুরুত্বপূর্ণ অঞ্চলগুলি হল—অন্ধ্রপ্রদেশের গুন্টুর, কর্ণাটকের চিত্রদুর্গা, থিনুথিনি কাল্যাদি, চিকমাগালুর, হাসান, এবং রায়চুর, বিহারের সিংভুম, মধ্যপ্রদেশের বালাঘাট, গুজরাটের বনস্কণ্ঠ্য এবং রাজস্থানের আলওয়ার, ভিলওয়ারা, ঝুনঝুনু এবং সিরোহী। ভারতে কপার আকরিকের মোট মজুতের আনুমানিক পরিমাণ প্রায় 45·52 কোটি মেট্রিক টন যাতে কপার ধাতুর পরিমাণ হল প্রায় 56·62 লক্ষ মেট্রিক টন।

কলকাতায় অবস্থিত হিন্দুস্থান কপার লিমিটেড আমাদের দেশে কপার প্রকল্পগুলির রূপায়ণের দায়িত্বে রয়েছেন। এই কোম্পানীর বর্তমান প্রকল্পগুলি হল ঃ রাজস্থানের ক্ষেত্রী, চান্দমারি এবং দরিবা কপার প্রকল্প, বিহারের ইন্ডিয়ান কপার কমপ্লেক্স এবং রাখা কপার প্রকল্প এবং মধ্যপ্রদেশের মালানখান্দ কপার প্রকল্প। হিন্দুস্থান কপার লিমিটেড বর্তমানে বছরে প্রায় 26 হাজার মেট্রিক টন ব্লিস্টার কপার উৎপন্ন করে।

1C.3 নিষ্কাশন (Extraction)

কপার নিষ্কাশন পদ্ধতি নির্ভর করে ব্যবহৃত আকরিকের প্রকৃতির উপরে। আকরিকে যদি মুক্ত ধাতব কপার (native copper) থাকে তবে কেবল আকরিককে চূর্ণ করে, খনিজমল থেকে ধাতুকে ধৌতকরণ পদ্ধতিতে পৃথক করে উপযুক্ত বিগালক (যেমন, চুনাপাথর) সহ কপার পাউডারকে বিগলিত করলেই যথেষ্ট। উৎপন্ন ধাতুকে অবশ্য বিশোধিত করতেই হবে। আকরিক যদি অ্যাসিডে দ্রাব্য অক্সাইড বা কার্বনেট হয় তবে চূর্ণীকৃত আকরিককে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ সহযোগে বারে বারে উত্তপ্ত করে আকরিক দ্রবীভূত করা হয় এবং এই দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটিয়ে ধাতু উৎপন্ন করা হয়।

অক্সাইড আকরিক চারকোল বা কোক এবং বিগালক মিশ্রিত করে বিগলিত করলেও ধাতব কপার উৎপন্ন হয়। অথবা, অক্সাইড আকরিক সালফাইড আকরিকের সঙ্গে মিশ্রিত করে মিশ্রণকে পরাবর্ত চুল্লীতে বিগলিত করলেও স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশিত হতে পারে।

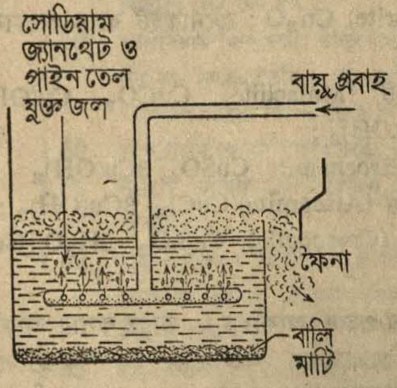
কার্বনেট আকরিককে প্রথমে তাপজারিত করে অক্সাইডে পরিবর্তিত করে পরে উপরের পদ্ধতিতেই ধাতু নিষ্কাশিত হতে পারে।

(A) শুষ্ক পদ্ধতি (Dry process) ঃ

কপার প্রধানত এর সহজলভ্য সালফাইড আকরিক কপার পিরাইটিস ($CuFeS_2$) থেকে স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়।

পরপৃষ্ঠায় আলোচিত কয়েকটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে **স্বতঃবিজারণ** পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশিত হয়ে থাকে ঃ

(1) **আকরিক গাঢ়ীকরণ** (**Concentration of ore**) ঃ কপার পাইরাইটিসে মাত্র 2% কপার থাকে। এই আকরিকের সঙ্গে প্রচুর পরিমাণে আয়রন সালফাইড, বালি এবং বালি-ঘটিত যৌগ, সালফার, আরসেনিক, বিসমাথ প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে এই আকরিকের গাঢ়ীকরণ করা হয়। আকরিক প্রথমে খুব ভালভাবে চূর্ণ করা হয়। এই চূর্ণীকৃত আকরিক বড় চৌবাচ্চাতে জল ও সামান্য পরিমাণে পাইন তেল ও সোডিয়াম জ্যান্থেটের সঙ্গে মিশ্রিত করা হয়। একটি নলের সাহায্যে মিশ্রণের নীচের অংশে বায়ু প্রবাহিত করে মিশ্রণকে তীব্রভাবে আলোড়িত করা হয়, ফলে প্রচুর ফেনার সৃষ্টি হয়ে মিশ্রণের উপর ভেসে উঠে। কপার সালফাইড যুক্ত কণাগুলি তৈলসিক্ত হয়ে ফেনার সঙ্গে তরলের উপরে ভেসে উঠে এবং ফেনা থেকে একে অপসারিত করে ছেঁকে নিয়ে শুষ্ক করা হয়। বালি এবং অন্যান্য ভারী খনিজমলগুলি জল দ্বারা সিক্ত হয়ে ভারী হয়ে চৌবাচ্চার তলায় থিতিয়ে পড়ে। গাঢ়ীকৃত আকরিকে 25%—30% কপার থাকে।



চিত্র 1.9 ঃ তৈল-ভাসন প্রণালী।

(2) **তাপ-জারণ** (**Roasting**) ঃ গাঢ়ীকৃত শুষ্ক আকরিককে পরাবর্ত চুল্লীতে (চিত্র 1.4 পৃঃ 10) বায়ুপ্রবাহে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এর ফলে (a) আকরিকে উপস্থিত আর্সেনিক অ্যান্টিমনি ইত্যাদি উদ্বায়ী অক্সাইডে পরিণত হয়ে বের হয়ে যায়, (b) কিছু সালফার সালফার ডাই-অক্সাইড রূপে উদ্বায়িত হয়, (c) জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডও এই প্রক্রিয়ায় অপসারিত হয়।

(3) যেহেতু অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি কপার অপেক্ষা আয়রনের বেশী, সুতরাং আকরিকের আয়রন সালফাইড অংশ মূলত ফেরাস অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়, কিন্তু Cu_2S অংশ প্রায় অপরিবর্তিতই থাকে। Cu_2S সামান্য পরিমাণে জারিত হয়ে Cu_2O-তে পরিণত হয় এবং FeS-এর সঙ্গে বিক্রিয়াতে Cu_2S-এ পরিণত হয়।

(4) উৎপন্ন ফেরাস অক্সাইড আকরিকে অপদ্রব্য হিসাবে বর্তমান সিলিকার সঙ্গে যুক্ত হয়ে অংশত ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল গঠন করে।

তাপ-জারণ প্রক্রিয়ায় সংঘটিত বিক্রিয়াসমূহ ঃ

$$2CuFeS_2 + O_2 = Cu_2S + 2FeS + SO_2 \uparrow$$

$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2 \uparrow$$

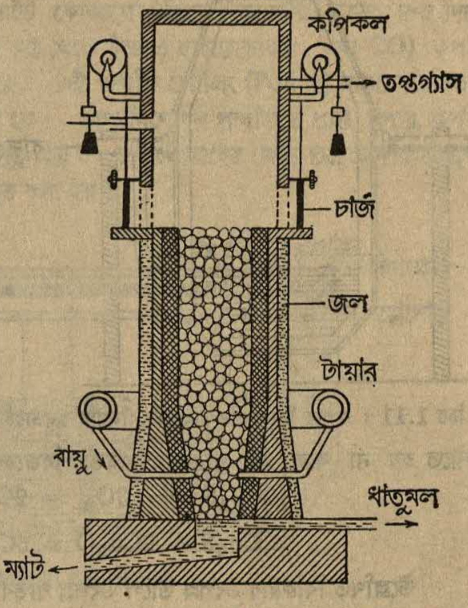
$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2 \uparrow$$

$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3 \text{ (ধাতুমল)}$$

(5) **বিগলন** (**Smelting**) ঃ **ম্যাট প্রস্তুতি** (**Production of matte**) ঃ তাপ জারিত আকরিকের সঙ্গে কোক, সিলিকা (অথবা তাপ জারিত না করা সিলিকা মিশ্রিত আকরিক) মিশ্রিত করা হয়। উচ্চ মানের আকরিকের ক্ষেত্রে এবং আকরিক ঢেলার মত হলে এই মিশ্রণ বিশেষভাবে নির্মিত মারুৎ চুল্লীতে (যার বাইরের অংশে শীতল জল প্রবাহের জন্য জ্যাকেট যুক্ত থাকে) শুষ্ক বায়ুর উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করা হয়। আর নিম্ন মানের আকরিকের ক্ষেত্রে এবং আকরিক সূক্ষ্ম চূর্ণাকারে থাকলে মিশ্রণকে পরাবর্ত চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রিত সিলিকা বা বালি এখানে গালক হিসেবে কাজ করে। কোক বায়ুতে দহনের ফলে চুল্লীর মধ্যে যে প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে

তাতে মিশ্রণটি সম্পূর্ণরূপে গলে যায়। ফেরাস সালফাইডের প্রায় সবটা ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয়। কপার সালফাইড অবিকৃত অবস্থায় থাকে। যদি কিছু পরিমাণে কিউপ্রাস অক্সাইড জারণের ফলে উৎপন্ন হয় তবে তা ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস সালফাইডে এবং সঙ্গে সঙ্গে ফেরাস সালফাইড ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়, কারণ সালফারের চেয়ে অক্সিজেনের প্রতি আয়রনের আসক্তি বেশী। এই উৎপন্ন ফেরাস অক্সাইড সিলিকার সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফেরাস সিলিকেট (ধাতুমল) উৎপন্ন করে। চুল্লীর নীচে গলিত অবস্থায় এই ধাতুমল গলিত কিউপ্রাস সালফাইড ও সামান্য অবিকৃত ফেরাস সালফাইড মিশ্রণের উপর পৃথক স্তর সৃষ্টি করে ভেসে থাকে। উপরের স্তর থেকে নির্দিষ্ট নির্গম নল দিয়ে ধাতুমল অপসারণ করা হয়। নীচের স্তর থেকে আর একটি নির্গম নল দিয়ে গলিত কপার সালফাইড ও আয়রন সালফাইডের মিশ্রণ বের হয়ে আসে, এই মিশ্রণকে ম্যাট (Matte) বলা হয়। ম্যাটে 40—45% কপার, 30—35% আয়রন এবং প্রায় 25% সালফার থাকে।



চিত্র 1.10 : কপার নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুৎ চুল্লী।

$$2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2$$

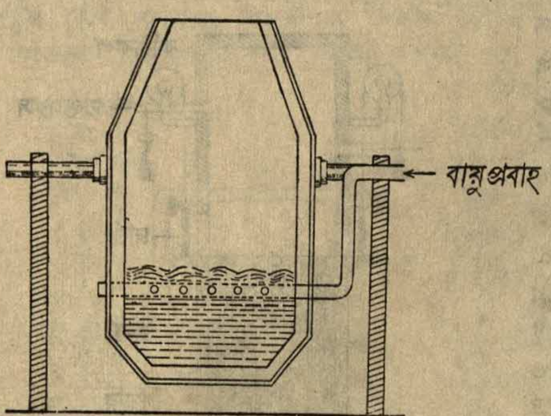
$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3 \text{ (ধাতুমল)}$$

[বিগলন প্রক্রিয়ায় চার্জে আংশিক তাপজারিত আকরিক, জ্বালানি হিসেবে কিছু পরিমাণ কোক এবং বিগালক হিসেবে বালি মেশানো হয়। এই মিশ্রণ মারুৎ-চুল্লীর উপরে অবস্থিত নির্দিষ্ট প্রবেশ পথ দিয়ে চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রবেশ করানো হয়। লৌহনির্মিত এই চুল্লীর ভিতরের দিকে অগ্নিসহ ইট দ্বারা আস্তরণ দেওয়া হয়। চুল্লীর বাইরের অংশ শীতল রাখার জন্য এর চারদিকে জ্যাকেট যুক্ত করে শীতল জল প্রবাহিত করার ব্যবস্থা থাকে। শুষ্ক এবং গরম বাতাস চুল্লীর নীচে যুক্ত নল দ্বারা ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর নীচে গলিত ধাতুমল ও ম্যাট পৃথক স্তর সৃষ্টি করে জমা হয়। উপরের স্তরে ধাতুমল এবং নীচের স্তরে ম্যাট জমা হয়।]

(6) **স্বতঃ বিজারণ (Self reduction) : ব্লিস্টার কপার প্রস্তুতি (Preparation of blister copper) :** গলিত ম্যাটকে বেসিমার কনভারটারের মধ্যে ঢালা হয়। বেসিমার কনভারটার একটি বিশেষ ধরনের চুল্লী। এটির আকার ডিমের মত। এটি ইস্পাতের তৈরি এবং ভিতরের দিকে ম্যাগনেসাইট-নির্মিত অগ্নিসহ ইট দ্বারা আস্তরণ দেওয়া থাকে। একটি চাকার সাহায্যে দুটি দণ্ডের উপর চুল্লীটি ঝুলিয়ে রাখা হয় যাতে একে প্রয়োজন মত অবস্থায় রাখা যায়। চুল্লীর উপরের মুখ খোলা থাকে। মধ্যস্থলে একটি ছিদ্রযুক্ত নলের সাহায্যে তীব্রবেগে বায়ু সঞ্চালন করা হয় (চিত্র 1.11)। ম্যাটের সঙ্গে পরিমাণ মত সিলিকা মিশ্রিত করা হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় তীব্র বায়ু প্রবাহের ফলে ম্যাটের ফেরাস সালফাইড প্রথমে ফেরাস অক্সাইডে এবং পরে ফেরাস সিলিকেটে পরিণত হয়। ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল হিসেবে উপরে ভেসে উঠে। যতক্ষণ ফেরাস সিলিকেট তৈরি হতে থাকবে

ততক্ষণ কনভারটার থেকে নির্গত শিখার বর্ণ সবুজ থাকবে। সবুজ শিখা বন্ধ হলে বায়ু প্রবাহ বন্ধ করে কনভারটার প্রয়োজনমত হেলিয়ে গলিত ধাতুমল অপসারিত করা হয়। কনভারটার পুনরায় সোজা করে রেখে বায়ুপ্রবাহ চালানো হয়। এবার কিউপ্রাস সালফাইড কিউপ্রাস অক্সাইডে রূপান্তরিত হতে থাকে।



চিত্র 1.11 ঃ কপার নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বেসিমার কনভারটার।

যখন দুই-তৃতীয়াংশ সালফাইড অক্সাইডে পরিণত হয় তখন কিউপ্রাস অক্সাইড ও অপরিবর্তিত কিউপ্রাস সালফাইডের বিক্রিয়ায় ধাতব কপার উৎপন্ন হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। এখানে সালফাইড ও অক্সাইডের পরস্পরের বিক্রিয়ায় বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয়, বাইরে থেকে কোন বিজারক যুক্ত করতে হয় না বলে এই প্রক্রিয়াকে **স্বতঃ বিজারণ** বলা হয়।

$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2 \uparrow$$

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2 \uparrow$$

উল্লেখিত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপে উৎপন্ন ধাতব কপার গলিত অবস্থায় থাকে এবং কনভারটারের তলদেশে জমা হয়। এই কপার প্রবাহিত বায়ু দ্বারা জারিত হয় না, কারণ **গলিত কপার সবসময় কনভারটারের বায়ু প্রবাহ নলের নীচে থাকে।** বিক্রিয়া শেষে কনভারটারটি উপুড় করে গলিত কপার ঢেলে নেওয়া হয় এবং তড়িৎ-বিশোধনের জন্য অ্যানোড হিসেবে ব্যবহারের উপযোগী পাতের আকারে ঢালাই করা হয়। গলিত কপার শীতল হয়ে কঠিনে পরিণত হওয়ার কালে এটির মধ্যে দ্রবীভূত সালফার ডাই-অক্সাইড বুদবুদ আকারে নির্গত হওয়ার সময় কপারকে ঝাঁঝরা করে। এইজন্য এইরূপ কপারকে **ব্লিস্টার কপার** (Blister copper) বা **বিক্ষত তাম্র** বলে। ব্লিস্টার কপারে 97—98% কপার থাকে। ব্লিস্টার কপারে অপদ্রব্য রূপে প্রধানত আয়রন, সালফার, আরসেনিক, লেড এবং সামান্য পরিমাণে গোল্ড, সিলভার এবং প্লাটিনাম বর্তমান থাকে।

(7) **বিশোধন** (Refining) ঃ ব্লিস্টার কপারকে বিশুদ্ধ করে 99·99% বিশুদ্ধ কপার প্রস্তুত করা যায়। দুটি পদ্ধতিতে এই বিশোধন করা যেতে পারে।

(a) তাপ-বিশোধন (Thermal refining)

(b) তড়িৎ-বিশোধন (Electrolytic-refining)

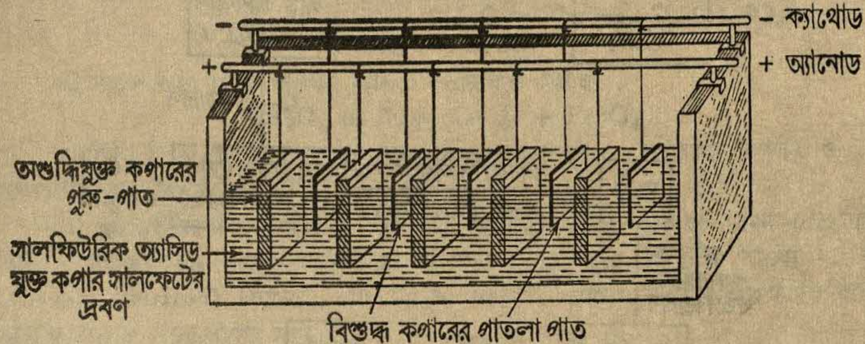
(a) **তাপ-বিশোধন** ঃ ব্লিস্টার কপারে (বা বিক্ষত তাম্রে) প্রধানত 2-3% অশুদ্ধি থাকে যেগুলি প্রধানত আয়রন, সালফার, আরসেনিক প্রভৃতি। এই ব্লিস্টার কপার একটি সিলিকেট আস্তরণ যুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে (চিত্র 1.4 পৃঃ 10) নেওয়া হয় এবং পরিমিত বায়ু প্রবাহে গলানো হয়।

(i) সালফার ও আরসেনিক তাদের অক্সাইডে জারিত হয়ে চুল্লী থেকে নির্গত হয়ে যায়।

(ii) আয়রন ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয় এবং চুল্লীর সিলিকা আস্তরণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাস সিলিকেট উৎপন্ন করে গলিত কপারের উপরে ভেসে থাকে, ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল রূপে অপসারিত হয়।

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3 \quad (\text{ধাতুমল})$$

(iii) সামান্য পরিমাণে কপার, কিউপ্রাস অক্সাইডে (Cu_2O) পরিণত হয় এবং গলিত কপারে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, ফলে এই কপার ভঙ্গুর হয়। এই কপার অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করার জন্য গলিত কপারের উপর অ্যানথ্রাসাইট কোকচূর্ণ ছড়িয়ে দিয়ে কাঁচা কাঠের দণ্ড দিয়ে আলোড়িত করা হয়। এর ফলে কোক ও কাঁচা কাঠ থেকে উদ্ভূত হাইড্রোকার্বন (এবং CO) কপার অক্সাইডকে বিজারিত করে কপারে পরিণত করে। এই পদ্ধতি পোলিং (Poling) নামে পরিচিত। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কপার প্রায় 99·3% বিশুদ্ধ হয়। তাপ-বিশোধন পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কপার, কপার নল, চাদর এবং সংকর-ধাতু প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-প্রবাহের জন্য প্রয়োজনীয় বিশুদ্ধ (99·9%) কপার তড়িৎ-বিশোধন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।



চিত্র 1.12 ঃ কপারের তড়িৎ-বিশোধন।

(b) **তড়িৎ-বিশোধন ঃ** তড়িৎ-পরিবাহী রূপে ব্যবহারের জন্য প্রয়োজনীয় অতি বিশুদ্ধ কপার এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। একটি লেড আস্তরণ যুক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড মেশানো (10—15%) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। ইহা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসেবে কাজ করে। তাপ-বিশোধনে প্রাপ্ত তামার মোটা পাত অ্যানোড হিসেবে এবং বিশুদ্ধ তামার পাতলা পাত ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণে একটি অ্যানোড এবং পরেরটি ক্যাথোড এইভাবে পর পর ঝুলিয়ে ডুবিয়ে রাখা হয়। তড়িৎ-প্রবাহ আরম্ভ করলে মোটা অ্যানোড পাত থেকে কপার আয়নিত হয়ে দ্রবীভূত হয় এবং কপার আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে ধাতব কপার রূপে পাতলা ক্যাথোড পাতে জমা হয়। ফলে অ্যানোড পাতটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ক্যাথোডের ওজন বৃদ্ধি পায়। ক্যাথোডে জমা এই কপার প্রায় 99·99% বিশুদ্ধ। আয়রন, জিঙ্ক প্রভৃতি অশুদ্ধি দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণে থাকে। অ্যানোডের চারদিকে সূক্ষ্ম মসলিন থলি যোগ করা হয়, এতে অবিশুদ্ধ কপার অ্যানোডে উপস্থিত সিলভার, গোল্ড, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি অশুদ্ধি অ্যানোড মাড (Anode mud or anode sliver) বা কাদা রূপে জমা হয়।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুসারে ক্যাথোডে কপার জমা হয় ঃ

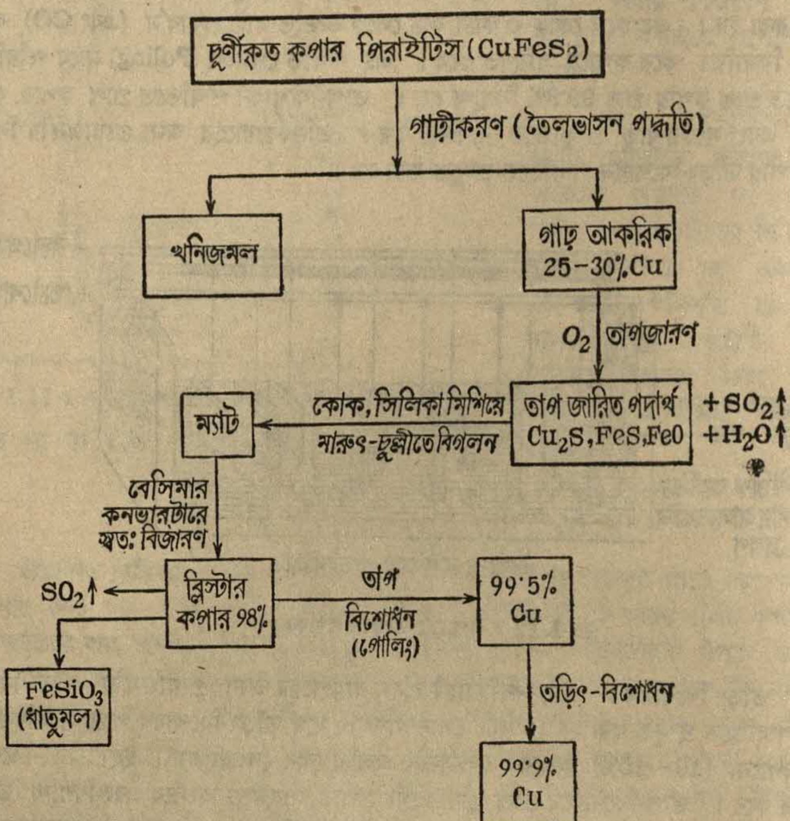
$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$

বিশ্লেষণকালে বিক্রিয়া ঃ

অ্যানোডে ঃ $Cu - 2e \longrightarrow Cu^{2+}$

ক্যাথোডে ঃ $Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$

কপার নিষ্কাশন পদ্ধতির সংক্ষিপ্ত ছক:



প্রশ্ন : 1.70 ভারতের কোথায় কোথায় এবং কোন্ আকরিক থেকে কপার নিষ্কাশন করা হয় ?

1.71 স্বতঃ বিজারণের নীতি কি ?

1.72 তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত কপার পিরাইটিস আকরিকে কত শতাংশ কপার থাকে ?

1.73 Cu_2S অপেক্ষা FeS আগে তাপজারিত হয়ে FeO গঠন করার কারণ কি ?

1.74 ম্যাট কাকে বলে ? ম্যাট প্রস্তুতির সময় তাপজারিত আকরিকের সঙ্গে যে সিলিকা ও কোক মেশান হয়, তাদের কাজ কি ?

1.75 কপার-নিষ্কাশনের সময় যে ধাতুমল উৎপন্ন হয় তার নাম ও সংকেত লেখ।

1.76 কপার নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বেসিমার কনভারটারটি দুটি দণ্ডের উপরে চাকার সাহায্যে ঝুলান থাকে কেন ?

1.77 কপার নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বেসিমার কনভারটারে বায়ু প্রবাহের নলটি চুল্লীর মাঝখানে যুক্ত করা হয় কেন ?

1.78 ব্লিস্টার কপারে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলি কি কি ?

1.79 কপারে দ্রবীভূত সামান্য পরিমাণে কিউপ্রাস অক্সাইড কিভাবে দূরীভূত করা হয় ?

1.80 তাপ-বিশোধনে কত শতাংশ বিশুদ্ধ কপার প্রস্তুত করা যায় ?

1.81 কপারের তড়িৎ-বিশোধনে ব্যবহৃত ক্যাথোড ও অ্যানোড কিসের তৈরি ?

1.82 অ্যানোড মাড কি বস্তু ?

(B) সিক্ত-পদ্ধতি (Wet process) ঃ

(1) **আয়রন অধঃক্ষেপণ পদ্ধতি ঃ** প্রচুর পরিমাণে আয়রন সালফাইড (Fe_2S_3) মিশ্রিত নিম্ন মানের সালফাইড আকরিক থেকে সিক্ত-পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশন করা হয়। এই পদ্ধতির নীতি হল আকরিকে উপস্থিত অদ্রাব্য কপার যৌগগুলিকে দ্রাব্য কপার লবণে পরিণত করা এবং এই কপার লবণের দ্রবণে আয়রন মিশ্রিত করে অথবা দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে কপার মুক্ত করা।

নিম্ন মানের কপার আকরিক চূর্ণ করে, আর্দ্র বায়ুতে বহুদিন ধরে স্তূপীকৃত করে রাখা হয়। আকরিকে উপস্থিত কপার সালফাইড ও আয়রন সালফাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা যথাক্রমে কপার সালফেট ও আয়রন সালফেটে রূপান্তরিত হয়। এই স্তূপকে মাঝে মাঝে জল দিয়ে ধুয়ে যে সবুজ বর্ণের দ্রবণ পাওয়া যায় তা বড় চৌবাচ্চার মধ্যে সংগ্রহ করা হয়।

$$2Cu_2S + 5O_2 = 2CuSO_4 + 2CuO$$
$$2Fe_2S_3 + 11O_2 + 2H_2O = 4FeSO_4 + 2H_2SO_4$$
$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

এই সবুজ দ্রবণে স্ক্র্যাপ আয়রন মিশিয়ে কপার মুক্ত করা হয়।

$$CuSO_4 + Fe = Cu \downarrow + FeSO_4$$

অধঃক্ষিপ্ত কপার ছেঁকে পৃথক করা হয় এবং শুষ্ক করা হয়। পর্যায়ক্রমে বিগলন ও তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়।

(2) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** কপারের সালফেট গঠিত আকরিক যেমন ব্রোকেনটাইট, $CuSO_4, 3Cu(OH)_2$ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ধুয়ে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে ড্যুরায়রনের (duriron) অ্যানোড এবং বিশুদ্ধ কপারের ক্যাথোড ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে কপার সঞ্চিত হয়।

বিক্রিয়া ঃ $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

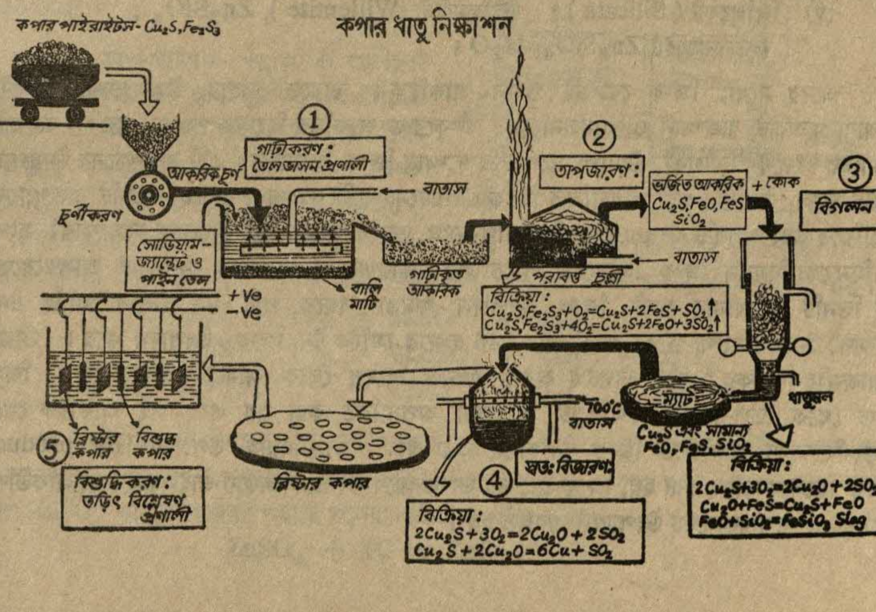
$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

ক্যাথোড বিক্রিয়া ঃ $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

অ্যানোড বিক্রিয়া ঃ $4OH^- - 4e \rightarrow 4OH \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$

নীট বিক্রিয়া ঃ $2CuSO_4 + 2H_2O = \underbrace{2Cu}_{\text{ক্যাথোডে}} + \underbrace{O_2}_{\text{অ্যানোডে}} + \underbrace{2H_2SO_4}_{\text{দ্রবণে}}$

কপার নিষ্কাশনের সম্পূর্ণ পর্যায় ও প্রক্রিয়াগুলি নীচের চিত্রে দেখানো হল ঃ



1D. জিঙ্ক

প্রতীক চিহ্ন Zn	বহিস্থ কক্ষীয় ইলেকট্রন-বিন্যাস $3d^{10}4s^2$
পরমাণু-ক্রমাংক 30	জারণ-সংখ্যা +2
পারমাণবিক ওজন	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান : গ্রুপ IIB
($^{12}C=12$ স্কেলে) 65·38	সমস্থানিক ভরসংখ্যা 64, 66, 67, 68, 70

1D.1 অবতরনিকা (Introduction)

জিংক ধাতুর ব্যবহার বহুকাল ধরেই প্রচলিত হলেও এর নামকরণের কারণটি অজ্ঞাত। ভারতে দ্বাদশ শতাব্দীতে জিংকের ব্যবহার প্রচলিত থাকার প্রমাণ পাওয়া যায়।

1D.2 প্রকৃতিতে অবস্থান (Occurrence in Nature)

অস্ট্রেলিয়ার মেলবোর্ণে খুব সামান্য পরিমাণে মুক্ত জিংক পাওয়া যায় বলে শোনা গেলেও মূলত জিংক প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, যৌগ হিসেবে পাওয়া যায় (কারণ জিংকের রাসায়নিক সক্রিয়তা)।

জিংকের প্রধান দুটি আকরিক হল :

(i) **সালফাইড** (Sulphide) : জিংক ব্লেণ্ড (Zinc blende), ZnS ;

(ii) **কার্বনেট** (Carbonate) : ক্যালামাইন বা স্মিথসোনাইট (Calamine or Smithsonite), $ZnCO_3$ ।

এছাড়া অন্যান্য খনিজ হল :

(iii) **অক্সাইড** (Oxide) : জিংকাইট বা লাল জিংক আকরিক (Zincite or red Zinc ore) ZnO ;

(iv) **মিশ্র অক্সাইড** (Mixed Oxide) : ফ্র্যাংকলিনাইট, ZnO, Fe_2O_3 ;

(v) **সিলিকেট** (Silicate) : উইলিমাইট, (Willemite), Zn_2SiO_4 ;
হেমিমরফাইট Zn_2SiO_4, H_2O ।

এদের মধ্যে, **জিংক ব্লেণ্ডই প্রধান আকরিক**। ভারতে বিহার, উত্তরপ্রদেশ, কাশ্মীর, পাঞ্জাব, গুজরাট, রাজস্থান ও তামিলনাড়ুতে জিংকব্লেণ্ড আকরিক হিসেবে পাওয়া যায়। বর্তমানে আমাদের দেশে সরকারী উদ্যোগ সংস্থা হিন্দুস্থান জিংক লিমিটেড (এটি রাজস্থানের উদয়পুরে 1966 সালে প্রতিষ্ঠিত হয়) পরিচালিত জিংক উৎপাদনের দুটি কারখানা রয়েছে—একটি রাজস্থানের দেবারিতে এবং অপরটি অন্ধ্রপ্রদেশের বিশাখাপত্তনমে, তৃতীয় আর একটি কারখানা বেসরকারী সংস্থা কোমিনকো বিনানি জিংক লিমিটেড পরিচালিত—কারখানাটি অবস্থিত কেরালার আলওয়েতে। এই তিনটি কারখানার মোট জিংক উৎপাদন ক্ষমতা বছরে প্রায় 95 হাজার মেট্রিক টন। সরকারী উদ্যোগ সংস্থা প্রতি বছর প্রায় 45 হাজার মেট্রিক টন জিংক উৎপাদন করে। ভারতে প্রয়োজনীয় জিংকের বেশীর ভাগটাই অবশ্য এখনও বিদেশ থেকে আমদানি করতে হয়। জিংক ব্লেণ্ড থেকে তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে গ্যালেনা অপসারিত করা হয় এবং এই আকরিক থেকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে জিংক নিষ্কাশন করা হয়। ক্যাডমিয়াম উপজাত (By product) পদার্থ হিসেবে সংগ্রহ করা হয়, জিংক ব্লেণ্ডের তাপজারণে উৎপন্ন সালফার ডাইঅক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড ও সুপারফসফেট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

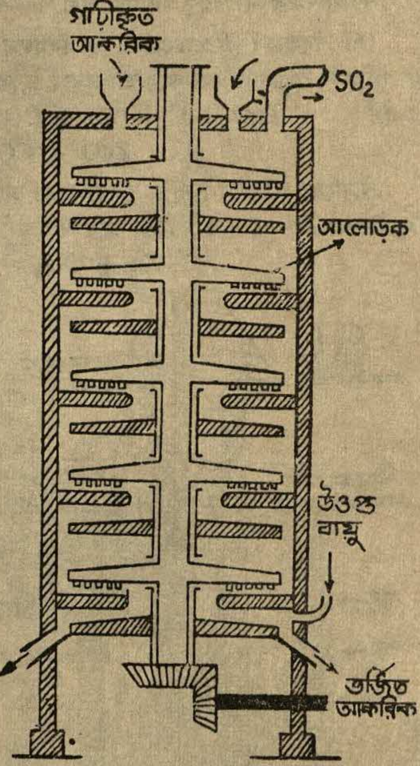
1D.3 নিষ্কাশন (Extraction)

জিংক নিষ্কাশিত হয় এর কার্বনেট বা সালফাইড আকরিক থেকে। আকরিককে প্রথমে বায়ু-জারিত করে অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। ঐ অক্সাইডের কার্বন-বিজারণ দ্বারা ধাতব জিংক উৎপাদিত হয়। জিংকের প্রধান আকরিক জিংক ব্লেন্ড থেকে জিংকের নিষ্কাশন পদ্ধতিটি সম্পন্ন হয় কয়েকটি ধাপে ঃ

তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে আকরিকের গাঢ়ীকরণ (Concentration of ore by oil floatation process) ঃ জিংক ব্লেন্ডের অপদ্রব্যগুলি যেমন গ্যালেনা (PbS), ক্যাডমিয়াম সালফাইড (CdS), বালি, মাটি ইত্যাদি তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে অপসারণ করা হয়। সূক্ষ্মরূপে চূর্ণীকৃত আকরিক একটি ট্যাংকের জলের মধ্যে নেওয়া হয় এবং এর সঙ্গে ইউক্যালিপটাস তেল, সোডিয়াম জ্যানথেট ও সামান্য অ্যাসিড মিশ্রিত করা হয়। স্বচ্ছিদ্র নলের দ্বারা ট্যাংকের নীচ থেকে প্রবল বায়ু প্রবাহের মাধ্যমে মিশ্রণটিকে উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। এই আলোড়নের ফলে যে ফেনা উৎপন্ন হয় তাতে প্রথমে গ্যালেনা ভেসে উঠে, গ্যালেনা অপসারণ করার পর আরও অ্যাসিড ও তেল যোগ করে মিশ্রণটিকে পুনরায় আলোড়িত করলে জিংক ব্লেন্ড উপরে ভেসে উঠে এবং মাটি, বালি ইত্যাদি অপদ্রব্যগুলি সিক্ত হয়ে জলের নীচে ডুবে থাকে। এই দ্বিতীয় প্রস্থ ফেনা থেকে গাঢ়ীকৃত জিংক ব্লেন্ড সংগ্রহ করা হয়। এই গাঢ়ীকৃত জিংক ব্লেন্ড থেকে দুটি পদ্ধতিতে জিংক নিষ্কাশন করা যায়— (i) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি, (ii) তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি।

(i) **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি** (Carbon reduction process) ঃ কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে তিনটি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে জিংক নিষ্কাশন করা হয়—(a) তাপ-জারণ (Roasting), (b) বিজারণ (Reduction) এবং (c) বিশোধন (Refining)।

(a) **তাপ-জারণ ঃ** শুষ্ক ও গাঢ়ীকৃত আকরিক মাল্‌টিপ্‌ল হার্থ চুল্লীতে (multiple hearth furnace) নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহে উচ্চ তাপমাত্রায় (800° সে.) উত্তপ্ত করে জিংক সালফাইডকে জিংক অক্সাইডে জারিত করা হয়। এই সময় ZnS, $ZnSO_4$-এ পরিণত হতে পারে। চুল্লীর উচ্চ তাপমাত্রায় (790° সে.) এই জিংক সালফেট জিংক অক্সাইডে বিয়োজিত হয়।



চিত্র 1.13 ঃ হেরেসেফ চুল্লীতে তাপ জারণ।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$
$$4ZnS + 7O_2 = 2ZnSO_4 + 2ZnO + 2SO_2$$
$$2ZnSO_4 = 2ZnO + O_2 + 2SO_2$$

এই পর্যায়ে উপজাত হিসেবে যে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। তাপজারণে যাতে $ZnSO_4$ উৎপন্ন না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হয়, কারণ উৎপন্ন $ZnSO_4$ কার্বন-বিজারণ পর্যায়ে পুনরায় ZnS-এ পরিণত হয়।

$$ZnSO_4 + 4C = ZnS + 4CO$$

[বিশেষ ভাবে নির্মিত (হেরেসেফ চুল্লী নামে পরিচিত) একটি লম্বা চোঙাকৃতি উল্লম্ব চুল্লীতে তাপ-জারণ করা হয়। চুল্লীটি ইস্পাতের তৈরি এবং এর ভিতরের দিকে অগ্নিসহা ইটের আস্তরণ দেওয়া থাকে। চুল্লীর মধ্যস্থলে আলোড়ক সহ একটি মোটা দণ্ড সোজাভাবে দাঁড় করানো থাকে। শুষ্ক ও গাঢ়ীকৃত সালফাইড আকরিক চুল্লীর উপরে অবস্থিত দুটি প্রবেশ-দ্বার দিয়ে চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর কেন্দ্রস্থিত আলোড়ক যুক্ত দণ্ডটি যান্ত্রিক উপায়ে বাইরে থেকে ঘোরানো হয়। দণ্ডটি ঘোরালে গাঢ়ীকৃত আকরিক এক তাক থেকে অন্য তাকে স্থানান্তরিত হয় এবং চুল্লীর নীচ থেকে প্রবাহিত ঊর্ধ্বমুখী তপ্ত বায়ুর সংস্পর্শে আসে। ফলে জিংক সালফাইড জিংক অক্সাইডে জারিত হয় এবং নীচে অবস্থিত নির্গম পথ দিয়ে বের হয়ে আসে, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড উপরের নির্গম-নল দিয়ে বের করে নেওয়া হয়।

কার্বনেট আকরিক কোলামাইন ব্যবহৃত হলে ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ায় জিংক অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়ে যায়। $ZnCO_3 = ZnO + CO_2$

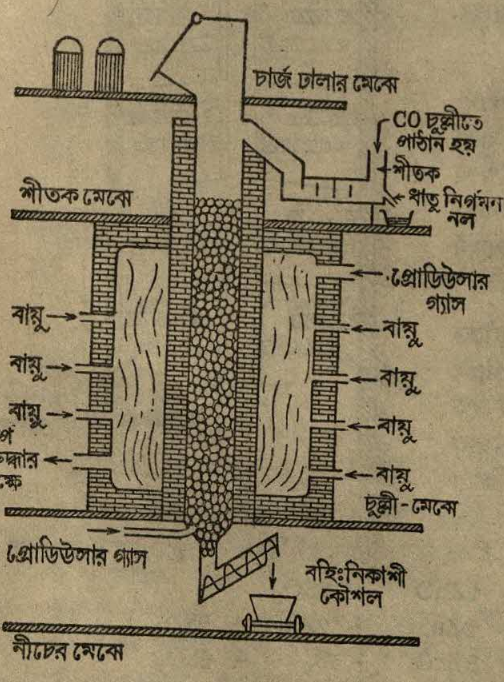
ক্যালামাইন আকরিক ব্যবহৃত হলে গাঢ়ীকরণ পর্বটির প্রয়োজন হয় না।]

(b) বিজারণ (Reduction) বা বিগলন (Smelting) ঃ তাপ জারিত আকরিকের সঙ্গে প্রায় অর্ধ পরিমাণ কোক মিশ্রিত করে অগ্নিসহা মৃত্তিকা-নির্মিত বকযন্ত্রে নিয়ে উত্তপ্ত করে বিজারিত করা হয়। $ZnO + C \rightarrow Zn + CO$; $2ZnO + C = 2Zn + CO_2$

$$ZnO + CO = Zn + CO_2$$

কার্বনের পরিমাণ কিছুটা বেশী থাকা বাঞ্ছনীয়, যাতে CO_2 উৎপন্ন হতে না পারে। কারণ CO_2 উৎপন্ন Zn-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে আবার জিংক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Zn + CO_2 \rightleftharpoons ZnO + CO$$



চিত্র 1.14 ঃ উল্লম্ব জিংক বিগালক রেটর্ট।

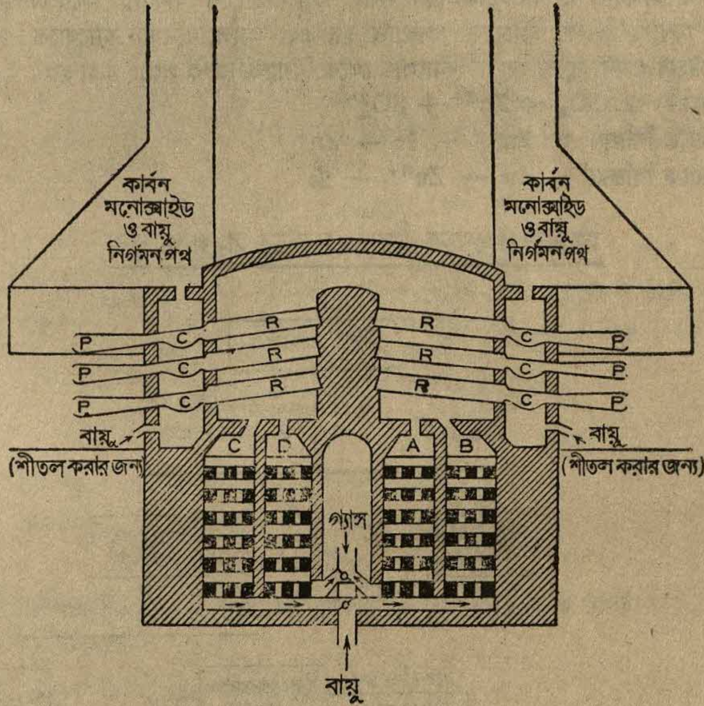
[উপরের প্রতিটি বিক্রিয়াই তাপশোষক, কাজেই বিক্রিয়া সংঘটনে উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়]

জিংকাইট, ফ্রাংকলিনাইট প্রভৃতি আকরিক সরাসরি কার্বন-বিজারণে ব্যবহার করা যায়।

(i) আধুনিক পদ্ধতি বা নিউ জার্সি পদ্ধতি (New Jersey process) ঃ এই পদ্ধতিতে কম খরচে নিরবিচ্ছিন্ন ভাবে বাণিজ্যিক জিংক উৎপন্ন করা যায়। পুরানো বেলজিয়ান পদ্ধতির বদলে আজকাল এই পদ্ধতিতে জিংক বিগলন করা হচ্ছে। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত বকযন্ত্রটি অপেক্ষাকৃত বড় আকারের (প্রস্থচ্ছেদ 6′×1′ এবং উচ্চতা 25′), যন্ত্রটি উল্লম্বভাবে স্থাপন করা হয়। এটি উচ্চ তাপ (1400° সে.) সহ সিলিকন কার্বাইড ইট দ্বারা নির্মিত। জিংক অক্সাইড ও কার্বন মিশ্রণ দ্বারা প্রস্তুত গুল (Briquets) চুল্লীর উপরের প্রবেশ দ্বার দিয়ে কিছুক্ষণ পর পর চুল্লীতে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীটিকে বাইরে থেকে প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ু মিশ্রণ দ্বারা উত্তপ্ত করে 1400° সে. তাপমাত্রায় রাখা হয়। বিজারণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জিংক বাষ্পাকারে থাকে, উহা বিক্রিয়ায়

উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড সহ চুল্লীর ঊর্ধ্বাংশে অবস্থিত নির্গম পথ দিয়ে শীতকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়, ফলে জিংক ঘনীভূত হয়ে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস গ্রাহক পাত্র থেকে বের হয়ে যায়। চুল্লীর অভ্যন্তর থেকে জিংকের বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইড সম্পূর্ণরূপে অপসারণ করার জন্য চুল্লীর নিম্নদেশ থেকে সজোরে প্রডিউসার গ্যাস প্রবাহিত করা হয়, ফলে সমস্ত বাষ্পীয় জিংক চুল্লী থেকে বের হয়ে গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। অবশিষ্ট অনুদ্বায়ী পদার্থ চুল্লীর তলদেশে যুক্ত বিশেষ কৌশলে নির্মিত নির্গম পথ দিয়ে বের করে আনা হয়।

(ii) **বেলজিয়ান পদ্ধতি** (Belgian process): জিংক অক্সাইড ও কোকচূর্ণ (**75 : 25**) ভালভাবে মিশ্রিত করে অগ্নিসহা মৃত্তিকা-নির্মিত বকযন্ত্র বা রেটর্টে (**R**) ভর্তি করা হয়। এই রকম বকযন্ত্র 50—60টি একসঙ্গে পর পর সারিবদ্ধভাবে সাজানো থাকে। বকযন্ত্রের খোলা মুখগুলি একটু নীচু করে রাখা হয়। (প্রতিটি বকযন্ত্রের আয়তন 1·5—2·0 কিউবিক ফুট এবং প্রতিটিতে 20—25 কিলোগ্রাম জিংক অক্সাইড ভর্তি করা যায়।) বকযন্ত্রের খোলা মুখে একটি



চিত্র 1.15 ঃ বেলজিয়ান জিংক পাতন রেটর্ট।

করে মৃত্তিকা নির্মিত শীতক (**C**) যুক্ত করা হয়। মৃত্তিকা নলের শেষপ্রান্তে লোহার নল যুক্ত থাকে। এই লোহার নলগুলিকে প্রোলং (**P**) বলে। চুল্লীর নিম্নদেশ দিয়ে প্রডিউসার গ্যাস চালনা করা হয় (চিত্র 1.15)। প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুমিশ্রণ জ্বালিয়ে প্রায় 1200°—1450° সে. তাপমাত্রা সৃষ্টি করা হয়। জিংক অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে জিংক ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $ZnO + C = Zn + CO$. চুল্লীর তাপমাত্রায় জিংক বাষ্পাকারে শীতক নলে প্রবেশ করে এবং ঘনীভূত হয়ে জিংকের গুঁড়া প্রোলং-এ সঞ্চিত হয়। শীতকের খোলামুখে কার্বন মনোক্সাইড নীলাভ শিখায় জ্বলতে থাকে। বিজারণ প্রক্রিয়া সমাপ্ত হলে নীলাভ শিখার পরিবর্তে জিংকের সাদা ধোঁয়া নির্গত হয়। এইবার শীতক থেকে গলিত জিংক ছাঁচে ঢেলে জিংকের চাঁই তৈরি করা হয়, একে স্পেল্টার জিংক বলা হয়। **এই জিংক 97—98·7% বিশুদ্ধ, এতে 1—3% লেড এবং সামান্য পরিমাণে ক্যাডমিয়াম, আয়রন ও আরসেনিক অবিশুদ্ধি থাকে।**

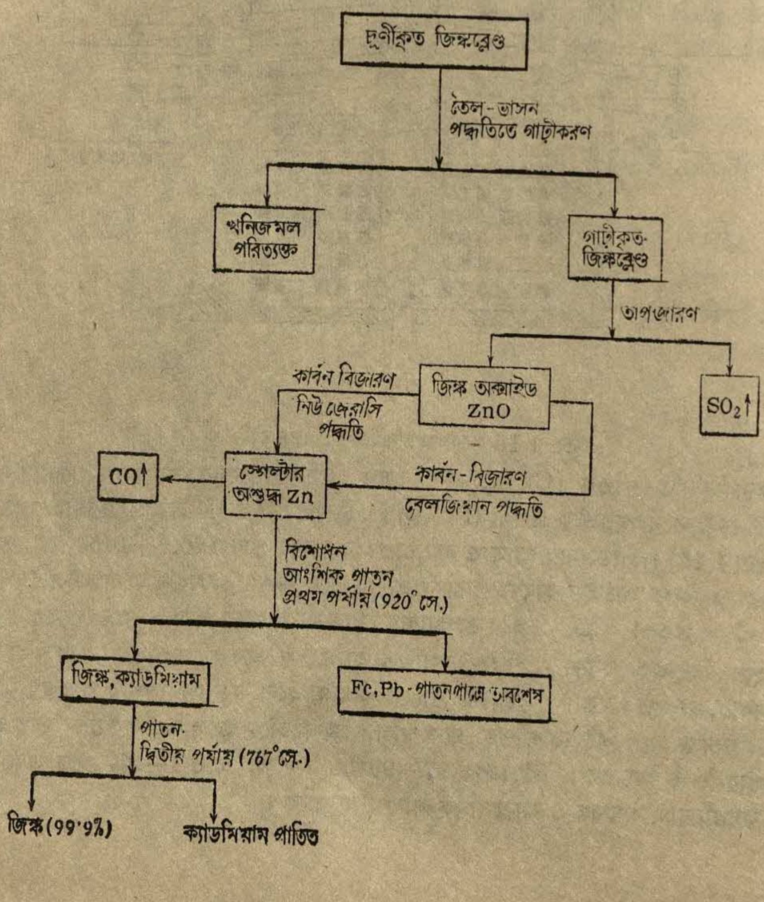
(iii) **বিশোধন (Refining) :** অশুদ্ধ জিংক বা স্পেল্টার জিংকে প্রায় 1—3% লেড এবং অতি সামান্য পরিমাণে আয়রন, ক্যাডমিয়াম, আরসেনিক প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। এই স্পেল্টার জিংক আংশিক পাতন পদ্ধতিতে শুদ্ধ করা হয়। স্পেল্টার জিংক একটি বকযন্ত্রে নিয়ে প্রথমে একে জিংকের স্ফুটনাঙ্কের (920°সে.) তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। ফলে জিংক ক্যাডমিয়াম (স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 920° সে. এবং 767° সে.) সহ পাতিত হয়ে বের হয়ে আসে এবং শীতল গ্রাহকপাত্রে তরলরূপে সংগৃহীত হয়। আয়রন (স্ফুটনাঙ্ক 2800°সে) এবং লেড (স্ফুটনাঙ্ক 1620° সে.) বকযন্ত্রে পড়ে থাকে। এই পাতিত জিংক ও ক্যাডমিয়ামের মিশ্রণ দ্বিতীয় একটি অনুরূপ বকযন্ত্রের মধ্যে নিয়ে 767° সে. তাপমাত্রায় পুনঃপাতিত করলে অপেক্ষাকৃত বেশী উদ্বায়ী ক্যাডমিয়াম পাতিত হয়ে বের হয়ে আসে এবং বিশুদ্ধ জিংক (99·9%) বকযন্ত্রে পড়ে থাকে। এখানে ক্যাডমিয়াম উপজাত পদার্থ হিসেবে সংগ্রহ করা হয়। অতি বিশুদ্ধ জিংক **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে** প্রস্তুত করা হয়। জিংক সালফেট দ্রবণকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত করে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে, স্পেল্টার জিংক অ্যানোড ও অ্যালুমিনিয়াম পাত ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অশুদ্ধ জিংক অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোডে বিশুদ্ধ জিংক সঞ্চিত হয়ে উহার ওজন বৃদ্ধি হয়। ক্যাথোড থেকে বিশুদ্ধ জিংক সংগ্রহ করা হয়।

বিক্রিয়া : $ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{2+} + SO_4^{2-}$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$

জিঙ্কব্লেণ্ড থেকে জিঙ্ক প্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত ছক



তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি (Electrolytic Reduction Process) : গাঢ়ীকৃত জিংকব্লেন্ড আকরিককে 650°—700° সে. তাপমাত্রায় জারিত করে জিংক সালফেটে পরিণত করা হয়। 767°সে. তাপমাত্রায় জিংক সালফেট পুনরায় বিযোজিত হয়ে জিংক অক্সাইডে পরিণত হয়, সুতরাং লক্ষ্য রাখতে হয় যাতে তাপমাত্রা 700°সে.-এর বেশী না ওঠে। তাপজারিত পদার্থটি সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়, এতে অশুদ্ধ মিশ্রিত জিংক সালফেটের দ্রবণ প্রস্তুত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘনত্বের তারতম্য করে দুটি পদ্ধতিতে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। **নিম্ন অ্যাসিড পদ্ধতিতে** (Low acid process) 10—12% সালফিউরিক অ্যাসিডে তাপ জারিত জিংক সালফেট দ্রবীভূত করা হয়। অপরপক্ষে **উচ্চ অ্যাসিড পদ্ধতিতে** 28% সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। উচ্চ অ্যাসিড পদ্ধতির কিছু সুবিধা আছে, যেমন—(i) তাপ জারণের সময় যদি কিছু জিংক ফেরাইট (ZnO, Fe_2O_3) উৎপন্ন হয় তাও এই অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়, (ii) দ্রবণে জিংক ও কপারের পরিমাণ বৃদ্ধি হয়, (iii) এই অ্যাসিড অধিক পরিমাণে আয়রন দ্রবীভূত করে, যা প্রশমনক্ষণে অধিক পরিমাণে As ও Sb অপসারিত করে, (iv) পরিস্রাবণ সহজ হয় কারণ এতে জেলি সৃষ্টিকারী সিলিকা অধঃক্ষিপ্ত হয় না। দ্রবণে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করে প্রশমিত করা হয় ফলে আয়রন ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড হিসেবে এবং সিলিকা ক্যালসিয়াম সিলিকেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়, পরিস্রাবণ করে এদের পৃথক করা হয়। পরিস্রুতের মধ্যে জিংক-রজ মিশ্রিত করে আলোড়িত করে অপেক্ষাকৃত বেশী তড়িৎ-নিষ্ক্রিয় ধাতুগুলি অধঃক্ষিপ্ত করা হয়, এগুলিকে পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা হয়।

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu\downarrow$$
$$CdSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cd\downarrow$$

এই দ্রবণ অম্লীকৃত করে লেড অ্যানোড এবং অ্যালুমিনিয়াম পাতের ক্যাথোড ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। বিশুদ্ধ জিংক ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। ক্যাথোড থেকে (99·95%) বিশুদ্ধ জিংক সংগ্রহ করা হয়।

$$ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{2+} + SO_4^{2-}$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে ঃ $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$

অ্যানোডে ঃ $OH^- - e \rightarrow [OH]$

$$4[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর যে সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরায় ফিরে পাওয়া যায় উহা পুনরায় দ্রবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ 1.83 জিংকের প্রধান আকরিকের নাম কি ?

1.84 প্রকৃতিতে জিংক কি মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় ?

1.85 ভারতে কোন্ আকরিক থেকে এবং কোথায় জিংক নিষ্কাশন করা হয় ?

1.86 ভারত কি জিংক-আকরিক সমৃদ্ধ দেশ ?

1.87 জিংক নিষ্কাশনের সময় কি কি উপজাত পদার্থ পাওয়া যায় ?

1.88 জিংকের প্রধান দুটি আকরিকের নাম এবং সংকেত লেখ।

1.89 জিংক সালফাইডের তাপজারণে জিংক সালফেট উৎপন্ন হলে কার্বন-বিজারণ পর্যায়ে কি অসুবিধা হয় ?

1.90 ZnO-এর কার্বন বিজারণের জন্য কিছুটা বেশী কোক মেশানোর প্রয়োজন হয় কেন ?

1.91 জিংকাইট, ফ্রাংকলিনাইট প্রভৃতি আকরিক তাপজারিত না করে সরাসরি কার্বন-বিজারণে ব্যবহার করা যায় কেন ?

1.92 নিউ-জার্সি পদ্ধতির সুবিধা কি ?

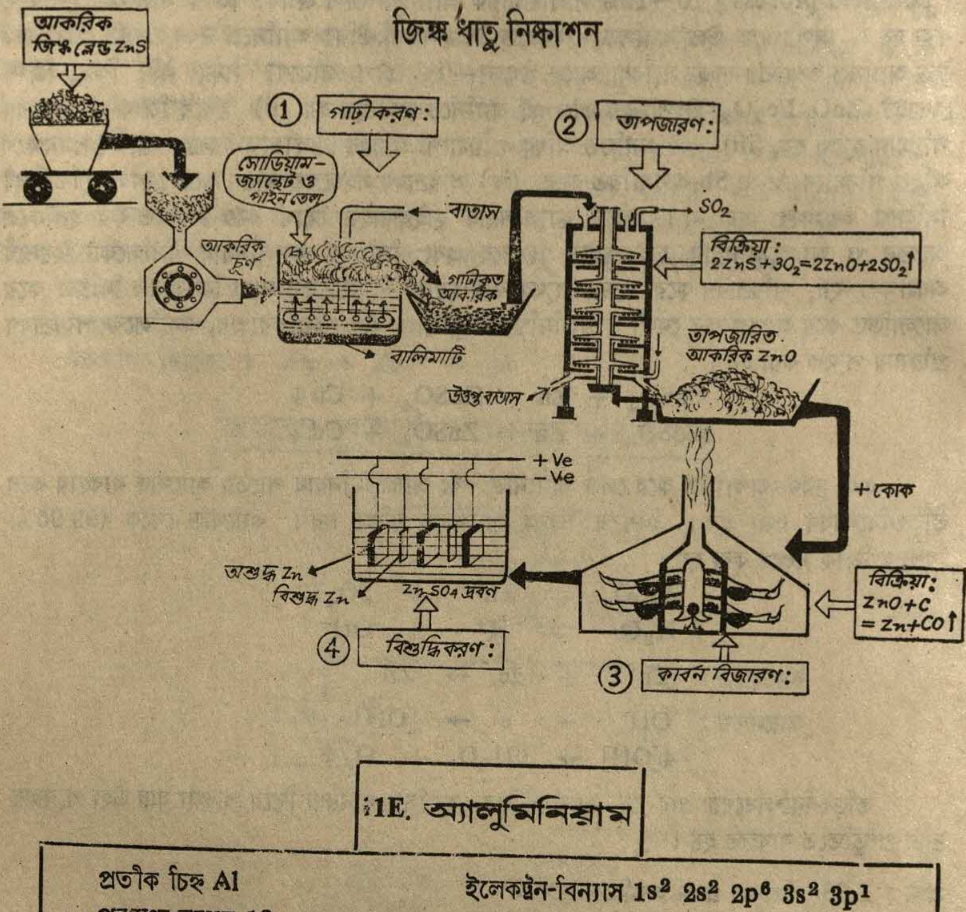
1.93 স্পেল্টার কাকে বলে ?

1.94 আংশিক পাতন পদ্ধতিতে প্রাপ্ত জিংক কতটা বিশুদ্ধ ? অতি বিশুদ্ধ জিংক কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?

1.95 বেলজিয়ান পদ্ধতিতে জিংক নিষ্কাশনকালে বিগলন ক্রিয়া উচ্চ তাপমাত্রায় ঘটানো প্রয়োজন কেন ?

1.96 জিংকের স্ফুটনাংক কত ? ক্যাডমিয়ামের কত ?

1.97 গ্যালেনা এবং জিংক ব্লেন্ডকে কিভাবে মোটামুটি পৃথক করা যেতে পারে ?



1E. অ্যালুমিনিয়াম

প্রতীক চিহ্ন Al	ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$
পরমাণু-ক্রমাংক 13	জারণ-সংখ্যা +3
পাঃ ওজন 26.98 ($^{12}C=12$ স্কেলে)	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান ঃ গ্রুপ IIIB

1E.1 অবস্থান (Occurrence in Nature)

অ্যালুমিনিয়ামের রাসায়নিক সক্রিয়তার জন্য প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় এটিকে পাওয়া যায় না, পাওয়া যায় বিভিন্ন যৌগরূপে। ভূত্বকে প্রচুর পরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় এর বিভিন্ন যৌগরূপে, প্রাচুর্যের দিক থেকে অক্সিজেন এবং সিলিকনের পরেই অ্যালুমিনিয়ামের স্থান অর্থাৎ প্রাচুর্যের দিক থেকে অ্যালুমিনিয়ামের স্থান সমস্ত মৌলের মধ্যে তৃতীয় এবং সমস্ত ধাতুর মধ্যে প্রথম।

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম যৌগসমূহ নীচে উল্লেখিত হল ঃ

(1) **অক্সাইড (Oxide) ঃ** সোদক অক্সাইডরূপে বক্সাইট (Bauxite) $Al_2O_3.2H_2O$—এটিই অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান আকরিক। জিবসাইট (Gibsite) $Al_2O_3.3H_2O$; ডায়াস্পোর (Diaspore) $Al_2O_3.H_2O$। অনার্দ্র অক্সাইডরূপে করান্ডাম (Corundum) (বর্ণহীন), চুনী (Ruby) (লাল), নীলা (Sapphire) (নীলবর্ণ), পদ্মরাগ (গোলাপী) (Amethyst), পোখরাজ (হলুদ) (Topaz), পান্না (সবুজ) (Emerald) প্রভৃতি সামান্য আয়রন, কোবাল্ট, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদির অক্সাইড মিশ্রিত Al_2O_3 ; এদের সৌন্দর্য, ঔজ্জ্বল্য এবং কাঠিন্যের জন্য এগুলি বহু মূল্যবান রত্নরূপে পরিচিত।

(2) **ফ্লুওরাইড (Fluoride) ঃ** ক্রায়োলাইট AlF_3, $3NaF$।

(3) **সিলিকেট (Silicate) ঃ** ফেলস্পার (Felspar) $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$; কেওলিন বা চীনামাটি (Kaolin or China clay) $Al_2O_3.SiO_2.2H_2O$; অভ্র (Mica) $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$.

(4) **সালফেট (Sulphate) ঃ** অ্যালুনাইট বা অ্যালামস্টোন (Alunite or Alumstone) $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.4Al(OH)_3$.

(5) **অ্যালুমিনেট ঃ** স্পাইনেল (Spinel) $MgO.Al_2O_3$

যদিও অ্যালুমিনিয়াম প্রধানত সিলিকেট হিসেবে মাটি ও শীলায় প্রচুর পরিমাণে থাকে তথাপি সিলিকেট খনিজ থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয় না, কারণ এই খনিজ থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন ব্যয়বহুল ও কষ্টসাধ্য। উল্লেখিত খনিজগুলির মধ্যে বক্সাইটই প্রধান আকরিক যা থেকে পৃথিবীর অ্যালুমিনিয়ামের চাহিদা মেটানো হয়। ভারতে অন্ধ্রপ্রদেশ, মধ্যপ্রদেশ, বিহার, উত্তরপ্রদেশ, মহারাষ্ট্র, তামিলনাড়ু, গোয়া, গুজরাট, মহীশূর, জম্মু ও কাশ্মীর, কর্নাটক, কেরালা, ওড়িশাতে বক্সাইট পাওয়া যায়। বক্সাইট আকরিকের মোট মজুতের আনুমানিক পরিমাণ প্রায় 248·91 কোটি মেট্রিক টন।

1965 সালে নয়াদিল্লিতে ভারত অ্যালুমিনিয়াম কোম্পানী প্রতিষ্ঠিত হয়। অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের দুটি প্রকল্প এই কোম্পানীর অধীনে রূপায়িত হচ্ছে—একটি মহারাষ্ট্রের রত্নগিরিতে এবং অপরটি মধ্যপ্রদেশের কোরবাতে—এই দুটি প্রকল্পের সর্বোচ্চ উৎপাদন ক্ষমতা যথাক্রমে বছরে 50 হাজার মেট্রিক টন এবং 1 লক্ষ মেট্রিক টন।

1E.2 নিষ্কাশন (Extraction)

[অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের সঙ্গে সম্পর্কযুক্ত কয়েকটি বিষয় মনে রাখা প্রয়োজন, যেমন (i) বক্সাইট বিশোধনে প্রাপ্ত অ্যালুমিনার (Al_2O_3) কার্বন-বিজারণ করে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা যায় না, কারণ বিজারণ বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় উচ্চ তাপে কিছু পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম কারবাইড (Al_4C_3) উৎপন্ন হয়। (ii) শুধুমাত্র অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন করা যায় না, কারণ অ্যালুমিনার (Al_2O_3) গলনাঙ্ক (2050°সে.) খুব বেশী, এই তাপমাত্রায় Al_2O_3-কে গলিত অবস্থায় রাখতে প্রচুর তড়িৎ-শক্তি ব্যয়িত হয়। (iii) অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎ-ধনাত্মক সক্রিয় ধাতু। সুতরাং এর কোনও লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে ধাতু মুক্ত করা যায় না (ক্ষার ধাতুর ন্যায়)।]

বক্সাইট আকরিক থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন নিম্নলিখিত তিনটি পর্যায়ে সম্পন্ন করা হয় ঃ

(a) বক্সাইট বিশুদ্ধ করে Al_2O_3 প্রস্তুতি।

(b) ক্রায়োলাইট সংযোগে Al_2O_3-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

(c) অ্যালুমিনিয়ামের বিশোধন।

(a) **বক্সাইট থেকে বিশুদ্ধ Al_2O_3 প্রস্তুতি :** বক্সাইটে FeO, Fe_2O_3, SiO_2 ও TiO_2 (টাইটেনিয়াম ডাইঅক্সাইড) এই সব অশুদ্ধি থাকতে পারে। নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়ামে এই সব অপদ্রব্য থাকলে অ্যালুমিনিয়াম ভঙ্গুর ও সহজে জল দ্বারা আক্রান্ত হয়। সেইজন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণের পূর্বে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুত করে নেওয়া প্রয়োজন।

এই বিশোধন সাধারণত নিম্নলিখিত তিনটি উপায়ে সম্পাদন করা যায়,

(i) বেয়ার পদ্ধতি (ii) হলের শুষ্ক বিগলন পদ্ধতি এবং (iii) সারপেক পদ্ধতি।

(i) **বেয়ারের পদ্ধতি** (Bayer's process) : এটিই বক্সাইট বিশোধনের আধুনিক পদ্ধতি। বক্সাইটের মধ্যে Fe_2O_3-এর পরিমাণ বেশী এবং SiO_2-এর পরিমাণ কম হলে (লাল বর্ণের বক্সাইট) এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ করা হয়। আজকাল এই ধরনের আকরিকই সাধারণত ব্যবহার করা হয়।

ভস্মীকরণ পদ্ধতিতে উচ্চ তাপমাত্রায় বিচূর্ণ বক্সাইটের অপদ্রব্য ফেরাস অক্সাইড ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এর পর উক্ত আকরিককে গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণে (45%, আপেক্ষিক গুরুত্ব, 1·45) একটি বদ্ধপাত্রে (অটোক্লেভ যন্ত্রে) 150°সে. তাপমাত্রায় এবং প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 70 থেকে 80 পাউন্ড বায়ুচাপে 7-8 ঘন্টাব্যাপী উত্তপ্ত করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সোডিয়াম অ্যালুমিনেট হিসেবে দ্রবীভূত হয় এবং অপদ্রব্যগুলি (Fe_2O_3, TiO_2), অদ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। তপ্ত অবস্থায় সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে অদ্রাব্য অপদ্রব্যগুলি থেকে পরিস্রাবণ করে পৃথক করা হয়। এই পরিস্রুতকে 25—30°সে. তাপমাত্রায় শীতল করে, এর মধ্যে সামান্য পরিমাণ সদ্য প্রস্তুত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশিয়ে কয়েক ঘন্টা ধরে আলোড়িত করা হয়। এখানে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ত্বরান্বিত কারক (বীজ বা seed) হিসেবে কাজ করে, ফলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রুত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড পরিস্রাবিত করে জল দ্বারা ধুয়ে সংগ্রহ করা হয়। এই $Al(OH)_3$-কে 1100°সে. তাপমাত্রায় দগ্ধ করে অ্যালুমিনা Al_2O_3-তে পরিণত করা হয়।

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$
$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + NaOH$$
$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের আর্দ্র-বিশ্লেষণে উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড পুনরায় কাজে লাগানো যায়।

[বিঃ দ্রঃ—যে বক্সাইটে সিলিকার পরিমাণ বেশী থাকে (সাদা বক্সাইট) তা বেয়ার পদ্ধতিতে বিশোধন করা যায় না, কারণ অনেকটা অ্যালুমিনিয়াম অদ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে অধঃক্ষিপ্ত হয়।]

(ii) **হলের শুষ্ক বিগলন পদ্ধতি** (Hall's dry fusion process) : এটি প্রাচীন পদ্ধতি। উত্তমরূপে চূর্ণীকৃত বক্সাইট আকরিকের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট মিশিয়ে ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে (rotary kilu) প্রায় 1100°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বিগলিত করা হয়, গলিত সোডিয়াম কার্বনেট অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে, সোডিয়াম ফেরাইট ও সোডিয়াম সিলিকেটও একইসঙ্গে উৎপন্ন হয়।

বিগলন প্রক্রিয়াজাত এই মিশ্রণ 80°সে. তাপমাত্রায় জল দ্বারা ফুটানো হয়, ফলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট জলে দ্রবীভূত হয়। সিলিকা সোডিয়াম অ্যালুমিনোসিলিকেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। সোডিয়াম ফেরাইট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অদ্রাব্য ফেরিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$$
$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaFeO_2 + CO_2$$
$$NaFeO_2 + 2H_2O = Fe(OH)_3 \downarrow + NaOH$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণ অদ্রাব্য পদার্থগুলি থেকে পরিস্রাবিত করে পৃথক করা হয়। এখন পরিস্রুতের মধ্যে 50—60°সে. তাপমাত্রায় CO_2 প্রবাহিত করে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। $2NaAlO_2 + 3H_2O + CO_2 = Na_2CO_3 + 2Al(OH)_3 \downarrow$

এই $Al(OH)_3$-কে দগ্ধ করে বিশুদ্ধ Al_2O_3 প্রস্তুত করা হয়। Na_2CO_3 দ্রবণকে শুষ্ক করে পুনরায় ব্যবহার করা যায়। আজকাল এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় না।

(iii) **সারপেক্ পদ্ধতি** (Serpek's process) ঃ এই পদ্ধতিও বর্তমানে অচল। বক্সাইটকে কোকচূর্ণ ও নাইট্রোজেন গ্যাসের উপস্থিতিতে 1800°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। SiO_2 কোক দ্বারা Si-তে বিজারিত হয়; Al_2O_3 প্রথমে বিজারিত হয় এবং পরে নাইট্রাইডে রূপান্তরিত হয়। $Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO$

লঘু ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়াতে AlN আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে $Al(OH)_3$ উৎপন্ন করে, একে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে Al_2O_3 প্রস্তুত করা হয়।

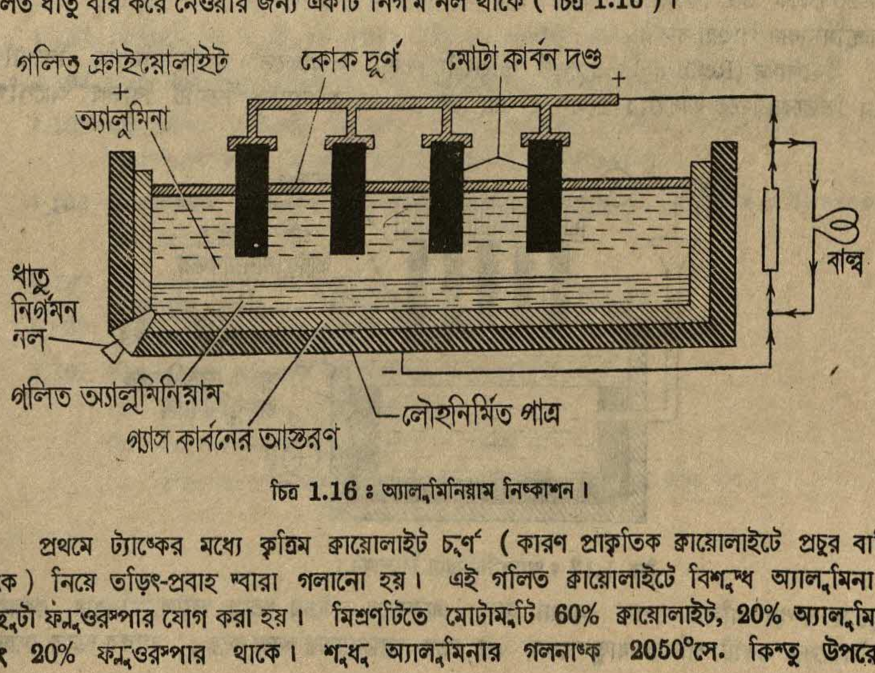
$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3 \uparrow$$

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} Al_2O_3 + 3H_2O$$

NH_3 উপজাত পদার্থ হিসেবে পাওয়া যায়।

(c) **বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis of pure Alumina) ঃ**

হল এবং হেরোঁর পদ্ধতি (Hall & Herault's Process) ঃ গলিত ক্রায়োলাইট এবং ফ্লুওরস্পার (CaF_2) মিশ্রণে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা যোগ করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটালে ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটানো হয় একটি আয়তাকার লৌহ-নির্মিত ট্যাঙ্কে। ঐ ট্যাঙ্কের ভিতরের দিকে গ্যাস কার্বনের পুরু আস্তরণ দেওয়া থাকে। **ঐ কার্বন স্তর ক্যাথোড** হিসেবে ব্যবহৃত হয়, **অ্যানোড হিসেবে** ব্যবহৃত হয় একটি অনুভূমিক কপার দণ্ড থেকে লম্বভাবে ঝুলিয়ে দেওয়া কয়েকটি **গ্রাফাইট দণ্ড,** যেগুলি বিগলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে এমনভাবে ডুবিয়ে দেওয়া হয় যাতে ঐগুলি ক্যাথোডকে স্পর্শ না করে। ট্যাঙ্কের নীচের দিকে গলিত ধাতু বার করে নেওয়ার জন্য একটি নির্গম নল থাকে (চিত্র 1.16)।



চিত্র 1.16 ঃ অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন।

প্রথমে ট্যাঙ্কের মধ্যে কৃত্রিম ক্রায়োলাইট চূর্ণ (কারণ প্রাকৃতিক ক্রায়োলাইটে প্রচুর বালি থাকে) নিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা গলানো হয়। এই গলিত ক্রায়োলাইটে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা ও কিছুটা ফ্লুওরস্পার যোগ করা হয়। মিশ্রণটিতে মোটামুটি 60% ক্রায়োলাইট, 20% অ্যালুমিনা এবং 20% ফ্লুওরস্পার থাকে। শুদ্ধ অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক 2050°সে. কিন্তু উপরোক্ত

ইউটেকটিক মিশ্রণের গলনাংক 868°সে.। (তড়িৎ-বিশ্লেষণের শর্ত হল : তাপমাত্রা 876—950°সে., ভোল্টেজ 5—6 ভোল্ট, এবং প্রবাহমাত্রা (current density) 100 অ্যাম্পিয়ার প্রতি বর্গ ডেসিমিটারে।) তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা এই মিশ্রণের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত করা হয়। এই গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম (গলনাংক 660°সে.) এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। প্রকৃতপক্ষে অ্যানোডে ফ্লুওরিন মুক্ত হয়, উহা অ্যালুমিনার সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুওরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$AlF_3 \rightleftharpoons Al^{3+} + 3F^-$$

ক্যাথোডে : $Al^{3+} + 3e = Al$

অ্যানোডে : $3F^- - 3e = 3[F]\ ;\ 6[F] \rightarrow 3F_2$

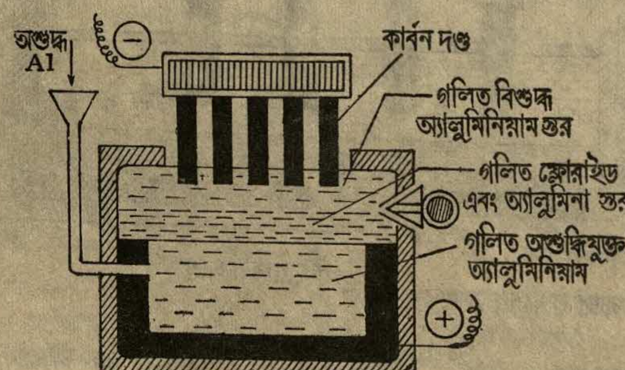
$$2Al_2O_3 + 6F_2 = 4AlF_3 + 3O_2\uparrow$$

ক্যাথোডে সঞ্চিত গলিত অ্যালুমিনিয়াম গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের চেয়ে ভারী হওয়ায় ইহা গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের নীচে থাকে। অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের উচ্চ তাপমাত্রায় গ্রাফাইট অ্যানোডের সঙ্গে বিক্রিয়া (দহন) ঘটিয়ে এগুলির ক্ষয় সাধন করে। সুতরাং এই মূল্যবান অ্যানোডগুলির ক্ষয় নিবারণের জন্য গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপর কিছু কোকচূর্ণ ছড়িয়ে দেওয়া হয়, যাতে উৎপন্ন অক্সিজেন অ্যানোডের পরিবর্তে কোক চূর্ণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে (বিক্রিয়ায় CO এবং CO_2 উৎপন্ন হয়), উপরন্তু উত্তপ্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ওপর কোকচূর্ণের এই আবরণ, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে জারণ ও তাপ বিকিরণ থেকে রক্ষা করে।

$$2C + O_2 = 2CO\ ; \qquad C + O_2 = CO_2$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে অ্যালুমিনার পরিমাণ কমে যেতে থাকে, কাজেই মাঝে মাঝে অ্যালুমিনা যোগ করতে হয়। অ্যালুমিনার পরিমাণ খুব কমে গেলে তড়িৎ-বিশ্লেষণগাহের মিশ্রণের রোধ বেড়ে যায়, ফলে ভোল্টেজ হঠাৎ প্রচণ্ড বেড়ে যায়। তখন বর্তনী সংলগ্ন একটি বৈদ্যুতিক বাল্ব জ্বলে ওঠে, তা দেখেই বোঝা যায় অ্যালুমিনার পরিমাণ খুব কমে গেছে। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম শতকরা প্রায় 99 ভাগ বিশুদ্ধ, (প্রতি কিলোগ্রাম অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনে শক্তি ব্যয়িত হয় প্রায় 20 থেকে 25 কিলোওয়াট ঘণ্টা। প্রায় 2 কিলোগ্রাম অ্যালুমিনা থেকে প্রায় 1 কিলোগ্রাম অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়)।

বিশোধন (Refining) : হুপের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম বিশোধিত হয়। ভিতরের দিকে কার্বনের প্রলেপ দেওয়া লোহার তৈরি ট্যাংকে তিনটি বিভিন্ন আপেক্ষিক



চিত্র 1.17 : অ্যালুমিনিয়াম বিশোধন।

গুরুত্ব সম্পন্ন গলিত পদার্থ নেওয়া হয় ; একেবারে নীচের স্তরে অ্যালুমিনিয়াম, কপার ও সিলিকনের একটি গলিত ধাতু-সংকর, এই স্তর অ্যানোডের কাজ করে ; মাঝের স্তরে কয়েকটি

ফ্লুওরাইড যৌগ যথা অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুওরাইড, সোডিয়াম ফ্লুওরাইড, ও বেরিয়াম ফ্লুওরাইডের একটি গলিত মিশ্রণ—এই স্তর **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** হিসেবে ক্রিয়া করে ; আর একেবারে উপরের স্তরে থাকে গলিত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম। এর মধ্যে কয়েকটি গ্রাফাইট দণ্ড কপার ধারকের সাহায্যে ঝুলানো থাকে। এই **স্তরটিই ক্যাথোড** হিসেবে কাজ করে।

তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে মাঝের স্তর থেকে Al^{3+} আয়ন উপরের ক্যাথোড স্তরে গিয়ে ইলেকট্রন গ্রহণ করে গলিত অ্যালুমিনিয়াম ধাতুরূপে সঞ্চিত হয়। একই সময়ে নীচের স্তর থেকে সমপরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম আয়নরূপে দ্রবীভূত হয়ে মাঝের স্তরে সঞ্চিত হয়ে ঐ স্তরের Al^{3+} আয়নের গাঢ়ত্ব ঠিক রাখে। উপরের ক্যাথোড স্তর থেকে খানিকটা করে গলিত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম মাঝে মাঝে নির্দিষ্ট নির্গম নল দিয়ে বের করে নেওয়া হয়। মাঝে মাঝে গলিত অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম নীচের অ্যানোড স্তরে যোগ করা হয়। এইভাবে বিশুদ্ধিকৃত অ্যালুমিনিয়াম প্রায় 99·99% বিশুদ্ধ।

বিক্রিয়া ঃ **অ্যানোড স্তরে ঃ** $Al - 3e = Al^{3+}$

মাঝের স্তরে ঃ $AlF_3 = Al^{3+} + 3F^-$

ক্যাথোড স্তরে ঃ $Al^{3+} + 3e = Al$।

প্রশ্ন ঃ 1.98 অ্যালুমিনিয়াম ঘটিত যে মূল্যবান রত্নগুলি খনিজ হিসেবে পাওয়া যায় সেগুলি অ্যালুমিনিয়ামের কোন্ যৌগ ? এর মধ্যে আর কোনও মিশ্রিত পদার্থ থাকে কি ? থাকলে সেগুলির নাম কর।

1.99 কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয় না কেন ?

1.100 শুধুমাত্র Al_2O_3-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণে কোনও অসুবিধা হত কি ?

1.101 অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন করা যায় না কেন ?

1.102 সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণকে আর্দ্রবিশ্লেষিত করার জন্য সামান্য পরিমাণ সদ্য প্রস্তুত $Al(OH)_3$ মেশানো হয় কেন ?

1.103 $Al(OH)_3$-কে Al_2O_3-তে পরিণত করতে কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় ?

1.104 অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য এর মধ্যে ক্রায়োলাইট মেশানো হয় কেন ?

1.105 অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের যে ইউটেকটিক মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয় তাতে কোন্ পদার্থ কতটা থাকে ? এই ইউটেকটিক মিশ্রণের তাপমাত্রা কত ?

1.106 অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ব্যবহৃত গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপর কোকচূর্ণের একটি আস্তরণ রাখা হয় কেন ?

1.107 তড়িৎ-বিশ্লেষণে ব্যবহৃত অ্যালুমিনা বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন কেন ?

1.108 বক্সাইটে অ্যালুমিনার সঙ্গে অশুদ্ধি হিসাবে সাধারণত কি কি বর্তমান থাকে ?

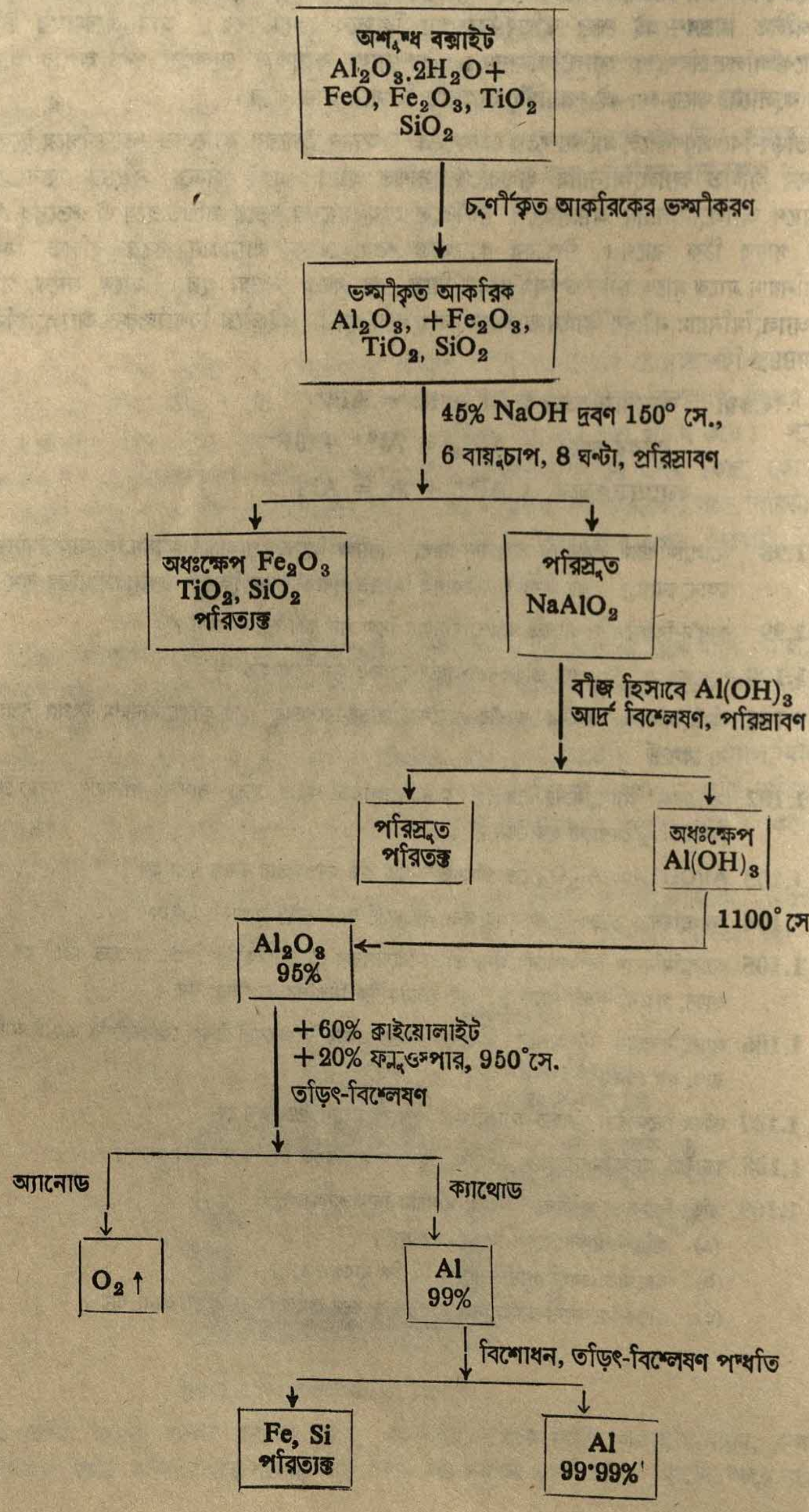
1.109 তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনকালে—

(a) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে কি ব্যবহৃত হয় ?

(b) ক্যাথোড এবং অ্যানোড রূপে কি কি ব্যবহৃত হয় ?

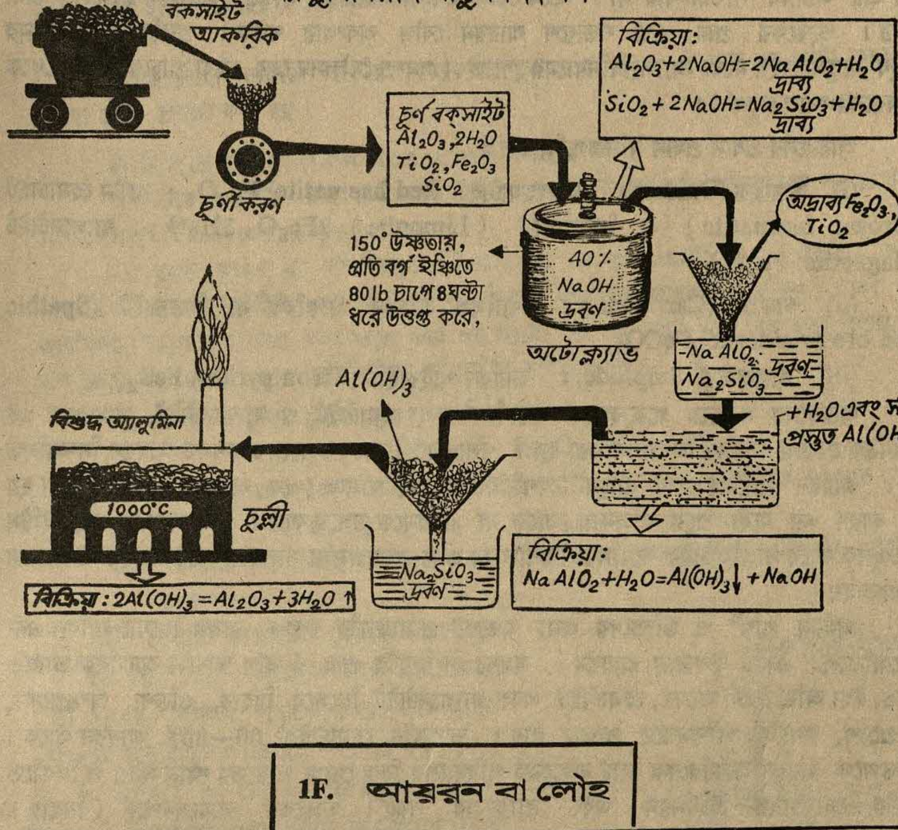
(c) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে অ্যালুমিনার পরিমাণ কমে গেলে কিভাবে তা জানা যায় ?

অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত ছক :



অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের বিভিন্ন পর্যায় ও প্রক্রিয়াগুলি নীচের চিত্রে দেখানো হল :

অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন



1F. আয়রন বা লৌহ

প্রতীক চিহ্ন Fe	ইলেকট্রন-বিন্যাস [Ar] $3d^6 4s^2$
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 26	সাধারণ জারণ অবস্থা +2, +3
	সমস্থানিক ভরসংখ্যা 54, 56, 57, 58
পারমাণবিক ওজন 55·847	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান : গ্রুপ VIII
($^{12}C = 12$ স্কেলে)	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (পলিং) 1·8

1F.1 অবতরনিকা (Introduction)

আয়রন বা লোহার ব্যবহার খ্রীষ্টপূর্ব প্রায় 1400 অব্দে শুরু হয় বলে অনুমিত হয়, কিন্তু অষ্টাদশ শতাব্দীর পূর্বে শিল্পগত দিক থেকে এর গুরুত্ব সঠিকভাবে অনুধাবন করা মানুষের পক্ষে সম্ভব হয় নি। প্রকৃতপক্ষে অতি প্রাচীনকাল থেকে যে সাতটি মাত্র ধাতুর ব্যবহার মানুষের জানা ছিল লোহা তার মধ্যে অন্যতম। অনেক বিজ্ঞানীই মনে করেন, ভারতেই লোহার ব্যবহার প্রথম প্রচলিত হয়। ধাতুর ব্যবহারের দিক থেকে মানবসভ্যতার বর্তমান পর্যায়কে ইস্পাত যুগ বলা হয়ে থাকে। মানবসভ্যতার অগ্রগতিতে লোহা ব্যবহারের গুরুত্ব অপরিসীম।

● **লৌহ নিষ্কাশন, ইস্পাত উৎপাদন (Extraction of iron, Manufacture of steel) :**

1F.2 প্রকৃতিতে অবস্থান (Occurrence in Nature)

উল্কাতে (Meteorites) যদিও আয়রন মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় কিন্তু পার্থিব প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় আয়রন পাওয়া যায় না। তবে যৌগ অবস্থায় আয়রন ছড়িয়ে রয়েছে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র। ভূত্বকের প্রায় 4·5 শতাংশে আয়রন যৌগ অবস্থায় থাকে। প্রকৃতিতে আয়রনের প্রাচুর্য ধাতুসমূহের মধ্যে অ্যালুমিনিয়ামের পরেই (সমস্ত মৌলসমূহের মধ্যে প্রাচুর্যের দিক থেকে আয়রনের স্থান চতুর্থ)।

আয়রনের প্রধান প্রধান খনিজগুলি হল :

(i) **অক্সাইড (Oxides) :** রেড হেমাটাইট (Red haematite) Fe_2O_3 ; ব্রাউন হেমাটাইট (Brown haematite) বা লিমোনাইট (Limonite) $2Fe_2O_3.3H_2O$; ম্যাগনেটাইট (Magnetite) Fe_3O_4.

(ii) **কার্বনেট (Carbonate) :** স্প্যাথিক আয়রন আকরিক বা সিডারাইট (Spathic iron ore or siderite) $FeCO_3$.

(iii) **সালফাইড (Sulphide) :** আয়রন পাইরাইটিস (Iron pyrites) FeS_2.

আয়রনের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ **আকরিক** হল হেমাটাইট ও ম্যাগনেটাইট, সাধারণত এই আকরিক থেকেই আয়রন নিষ্কাশন করা হয়। সিডেরাইট থেকেও কখনও কখনও আয়রন নিষ্কাশিত হয়। আয়রন পাইরাইটিসের প্রাচুর্য বেশী হলেও এই খনিজ থেকে আয়রন নিষ্কাশন করা হয় না, কারণ এর মধ্যে প্রচুর সালফার থাকে যা আয়রনকে ভঙ্গুর করে। এই আয়রন পাইরাইটিস লাভজনক ভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় সালফার ডাইঅক্সাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

আয়রন প্রাণী ও উদ্ভিদের জন্য অত্যন্ত প্রয়োজনীয় বস্তু। রক্তের হিমোগ্লোবিন এবং ক্লোরোফিলের একটি উপাদান আয়রন। সমস্ত পৃথিবীর প্রায় $\frac{1}{4}$ ভাগ আয়রন আকরিক ভারতে আছে, ইহা অতি উচ্চ মানের হেমাটাইট এবং ম্যাগনেটাইট হিসেবে বিহার, ওড়িশা, অন্ধ্রপ্রদেশ, মধ্যপ্রদেশ, কর্ণাটক, পশ্চিমবঙ্গে পাওয়া যায়। ভারতীয় হেমাটাইটে 60—65% আয়রন থাকে। প্রকৃতপক্ষে আয়রন আকরিকের মোট মজুতের পরিমাণের দিক থেকে ভারতের স্থান সমগ্র পৃথিবীতে তৃতীয়—সোভিয়েত ইউনিয়ন এবং ব্রাজিলের পরই। ভারতের জামসেদপুর (বিহার), রাউরকেল্লা (ওড়িশা), ভিলাই (মধ্যপ্রদেশ), ভদ্রকালী (মহীশূর) এবং বার্নপুর, কুলটি, দুর্গাপুরে (পশ্চিমবঙ্গ) লৌহ নিষ্কাশন ও ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়।

প্রশ্ন : 1.110 আয়রন পাইরাইটিসের প্রাচুর্য বেশী হওয়া সত্ত্বেও এই খনিজ থেকে আয়রন নিষ্কাশন করা হয় না কেন ? আয়রন পাইরাইটিস কি লোহার আকরিক ?

1F.3 নিষ্কাশন (Extraction)

আয়রন অক্সাইডকে কোক অথবা কার্বন মনোক্সাইডের দ্বারা মারুত চুল্লীর তাপমাত্রায় বিজারিত করে আয়রন নিষ্কাশিত করা হয়। এই আয়রন বিশুদ্ধ নয়, এতে দ্রবীভূত অবস্থায় কার্বন এবং অন্যান্য পদার্থ মিশ্রিত থাকে। বাণিজ্যিক আয়রন তিন প্রকারের, যথা—(i) কাস্ট আয়রন বা পিগ আয়রন (ঢালাই লোহা—Cast iron or pig iron), (ii) ইস্পাত (Steel), (iii) পেটা লোহা বা রট আয়রন (Wrought iron)। এই বিভিন্ন প্রকার আয়রনের মধ্যে পার্থক্য শুধু এদের মধ্যে কার্বনের পরিমাণের বিভিন্নতায়। আয়রনের মধ্যে কার্বনের পরিমাণের উপর আয়রনের ভৌতধর্ম নির্ভর করে। ঢালাই লোহা বা কাস্ট আয়রন অশুদ্ধতম, এর মধ্যে 2—4·5% কার্বন এবং অতি সামান্য পরিমাণে সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, সালফার ও ফসফরাস থাকে। পেটা লোহা বা রট আয়রনে সবচেয়ে কম পরিমাণে কার্বন (0·1—0·15%) থাকে। ইস্পাত

বা স্টীলে কার্বনের পরিমাণ (0·15—1·5%) ঢালাই ও পেটা লোহার কার্বনের পরিমাণের মাঝামাঝি পরিমাণ।

ঢালাই লোহা ঃ দুই প্রকারের ঢালাই লোহা আছে, যথা—(1) **সাদা ঢালাই লোহা** (White cast iron), এর মধ্যে কার্বনের বেশীর ভাগ আয়রন কার্বাইড হিসেবে উপস্থিত থাকে, (2) **ধূসর ঢালাই লোহা** (Grey cast iron), এর মধ্যে কার্বন মুক্ত অবস্থায়, গ্রাফাইট কেলাস রূপে থাকে।

ঢালাই লোহা সরাসরি আকরিক থেকে প্রস্তুত করা হয়। ইস্পাত ও পেটা লোহা ঢালাই লোহা থেকে প্রস্তুত করা হয়।

● **ঢালাই লোহা** (Cast iron or pig iron) ঃ

আয়রনের অক্সাইড এবং কার্বনেট আকরিক থেকে নীচের দুটি প্রক্রিয়া পর পর প্রয়োগ করে ঢালাই লোহা (Cast iron) প্রস্তুত করা হয়।

(i) **তাপ জারণ বা ভস্মীকরণ** (Roasting or calcination) ঃ অক্সাইড আকরিক (হেমাটাইট ও ম্যাগনেটাইট) এবং কার্বনেট আকরিক (স্প্যাথিক আয়রন আকরিক) অল্প পরিমাণ কার্বনসহ স্তূপীকৃত করে ভস্মীভূত করা হয় অথবা চুল্লীতে নিয়ে অতিরিক্ত বায়ু প্রবাহের দ্বারা ভস্মীভূত করা হয়। এতে নিম্নলিখিত পরিবর্তন সংঘটিত হয় ঃ

(a) আর্দ্র আকরিক থেকে জল অপসারিত হয় ঃ

$$Fe_2O_3.3H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O\uparrow$$

(b) কার্বনেট আকরিক, কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় ঃ

$$4FeCO_3 + O_2 = 2Fe_2O_3 + 4CO_2\uparrow$$

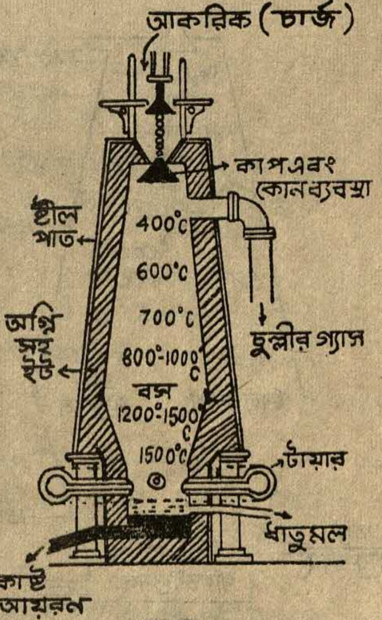
(c) আকরিকে উপস্থিত সালফার ও আর্সেনিকের অধিকাংশই উদ্বায়ী অক্সাইড রূপে নির্গত হয়ে যায়।

(d) ফেরাস অক্সাইড ফেরিক অক্সাইডে জারিত হয় (ফেরাস অক্সাইড আকরিকে থাকলে তা পরের বিগলন পর্যায়ে ফেরাস সিলিকেট উৎপন্ন করে ধাতুমল হিসেবে পরিত্যক্ত হয়।)

$$4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$$

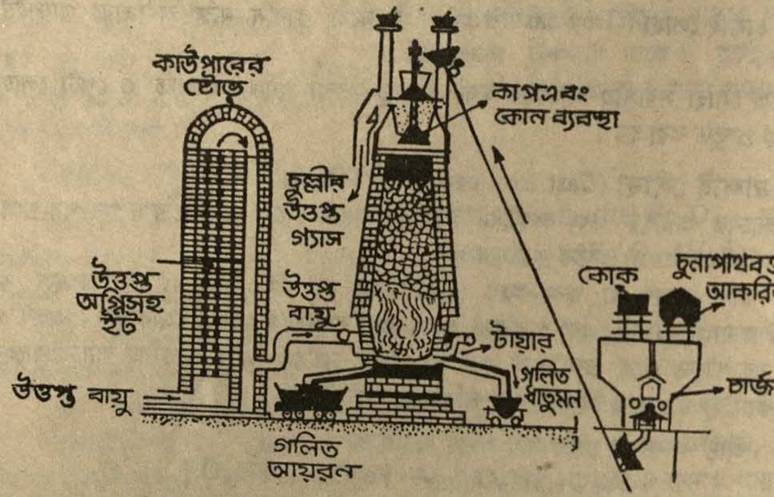
(f) আকরিক থেকে গ্যাস নির্গমনের ফলে আকরিক ঝাঁঝরা হয়ে যায়, এইরূপ আকরিক থেকে সহজে আয়রন নিষ্কাশিত হয়।

(ii) **মারুৎ চুল্লীতে বিগলন** (Smelting in blast furnace) ঃ এই ভস্মীকৃত আকরিকের সঙ্গে বিজারক হিসেবে এর অর্ধেক পরিমাণ কোকচূর্ণ এবং বিগালক হিসেবে এক-চতুর্থাংশ চুনাপাথর (Lime stone) মেশানো হয় (আকরিক : কোক : চুনাপাথর = 4 : 2 : 1)। এই মিশ্রণ মারুৎ চুল্লীতে (চিত্র 1.18 এবং 1.19) নিয়ে বিগলিত করা হয়, ফলে ফেরিক অক্সাইড কার্বন ও কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়ে আয়রন উৎপন্ন করে। আকরিকে উপস্থিত অবিশুদ্ধিগুলি চুনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে গলনীয় ধাতুমল উৎপন্ন করে। ধাতুমল সহজেই অপসারিত হয়।



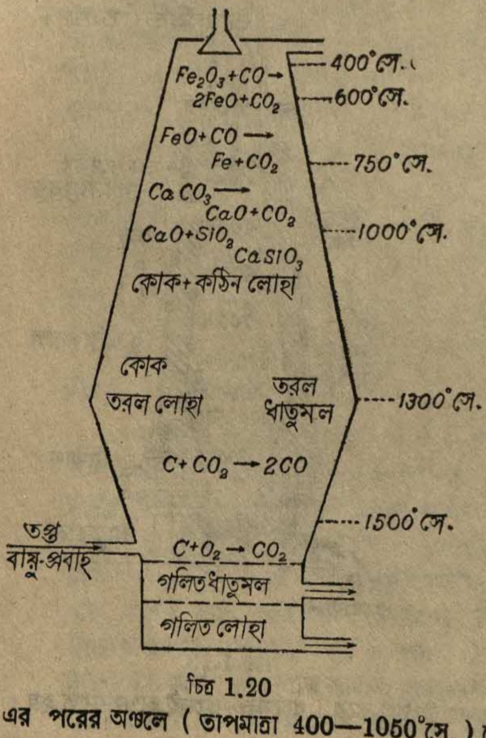
চিত্র 1.18

চুল্লীর মধ্যে প্রথমে কিছু শুকনো কাঠ পুড়িয়ে চুল্লীটি উত্তপ্ত করে, চুল্লীর উপরকার কাপ ও কোন ব্যবস্থার (Cup and cone system) মাধ্যমে আকরিক মিশ্রণ ঢেলে দেওয়া হয়। সঙ্গে সঙ্গে টায়ারগুলির মাধ্যমে শুষ্ক ও পূর্বে থেকে প্রায় 800°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত বায়ু চুল্লীর মধ্যে



চিত্র 1.19

প্রবাহিত করা হয়। উত্তপ্ত বায়ুতে কোক পুড়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় ($2C+O_2=2CO$) এবং এর ফলে টায়ারের কাছে চুল্লীর তাপমাত্রা প্রায় 1500°সে. হয়।



চিত্র 1.20

আকরিক মিশ্রণ ধীরে ধীরে নীচের দিকে নামতে থাকে এবং উত্তপ্ত কার্বন মনোক্সাইড (সামান্য CO_2 মিশ্রিত) গ্যাস প্রবাহ উপরের দিকে উঠতে থাকে। এই দুটি বিপরীত প্রবাহের মিলনে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় তার ফলেই লোহা উৎপাদিত হয়।

মারুৎ চুল্লীতে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ (Chemical reactions taking place in the blast furnace) :

চুল্লীর অভ্যন্তরে তাপমাত্রা সর্বত্র সমান নয়, 100 ফুট উচ্চতার একটি মারুৎ চুল্লীর উপর দিক থেকে প্রায় 10 ফুট নীচ পর্যন্ত অঞ্চলে (তাপমাত্রা 200—400°সে.) কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না বললেই চলে, এই অঞ্চলে আকরিক থেকে জলীয় বাষ্প দূরীভূত হয়। এই অঞ্চলকে **জলীয় বাষ্প দূরীকরণ অঞ্চল** বলা হয়। এর পরের অঞ্চলে (তাপমাত্রা 400—1050°সে.) লোহার অক্সাইডের লোহাতে বিজারণ ঘটে, এটি

বিজারণ অঞ্চল এবং তলদেশে বা হার্থে (Hearth) তাপমাত্রা সবচেয়ে বেশী (1200—1530°সে.)। এটি হল **বিগলন অঞ্চল**।

চুল্লীর তলদেশে যে তপ্ত বায়ু প্রবেশ করানো হয়, তার অক্সিজেন কোকের সঙ্গে দহনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং তাপমাত্রা প্রায় 2000°সে. পর্যন্ত ওঠে।

$$C + O_2 = CO_2$$

এই উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড যখন উপরের দিকে উঠতে থাকে তখন তপ্ত কার্বন স্তরের কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিজারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া তাপশোষক, চুল্লীর এই অঞ্চলের তাপ শোষণ করে। এই কার্বন মনোক্সাইড বিজারণ ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, সুতরাং কোক, জ্বালানী এবং বিজারক উভয় রূপেই কাজ করে।

$$CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$$

ঊর্ধ্বমুখী উত্তপ্ত গ্যাস নিম্নমুখী আকরিক মিশ্রণকে (charge) উত্তপ্ত করে। প্রায় 600°সে. তাপমাত্রায় চুনাপাথর বিযোজিত হয়ে CO_2 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন CO_2 অতিরিক্ত কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \uparrow$$

চুল্লীর উপর থেকে আকরিক কোক ও চুনাপাথরের মিশ্রণ নীচের দিকে নামতে থাকার সময় ঊর্ধ্বমুখী তপ্ত বিজারক কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের সংস্পর্শে আসে, ফলে আয়রন অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়। এই মিশ্রণ যতই তপ্ততর অঞ্চলে যায় বিক্রিয়ার গতিও তত বৃদ্ধি পায়।

বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন বিক্রিয়াগুলি নীচে দেওয়া হল ঃ

$$3Fe_2O_3 + CO \xrightleftharpoons{400°\text{সে.}} 2Fe_3O_4 + CO_2 \uparrow$$

$$Fe_3O_4 + CO \xrightleftharpoons{500\text{-}700°\text{সে.}} 3FeO + CO_2 \uparrow$$

$$FeO + CO \xrightleftharpoons{700\text{-}900°\text{সে.}} Fe + CO_2 \uparrow$$

আকরিক মিশ্রণটি চুল্লীতে এর অবস্থান থেকে 10 ফুট নীচে নামার সঙ্গে সঙ্গে প্রায় সবটাই বিজারিত হয়। এর পরেও যদি কিছু অবিজারিত আয়রন অক্সাইড থাকে তা চুল্লীর মধ্যভাগে অবস্থিত অতিতপ্ত কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়।

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO \uparrow$$

এইরূপে যে আয়রন পাওয়া যায় তা স্পঞ্জ (Spongy) প্রকৃতির, এই আয়রন ঊর্ধ্বমুখী কার্বন মনোক্সাইডকে অতিসূক্ষ্ম কার্বন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত করে। এই কার্বন চূর্ণ আয়রন অক্সাইডকে বিজারিত করে।

$$2CO \xrightleftharpoons{1000\text{-}1300°\text{সে.}} CO_2 \uparrow + C$$

চুল্লীর মধ্যভাগে (900°সে. তাপমাত্রায়) উৎপন্ন চুন সিলিকার সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন করে, এটি ধাতুমল রূপে অপসারিত হয়।

$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3 \text{ (ধাতুমল)}$$

আকরিকে উপস্থিত ফসফেট অশুদ্ধি কার্বন দ্বারা ফসফরাসে বিজারিত হয়, এই ফসফরাস আয়রনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়রন ফসফাইড গঠন করে।

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C = 6CaSiO_3 + 10CO \uparrow + 4P$$

$$3Fe + P = Fe_3P$$

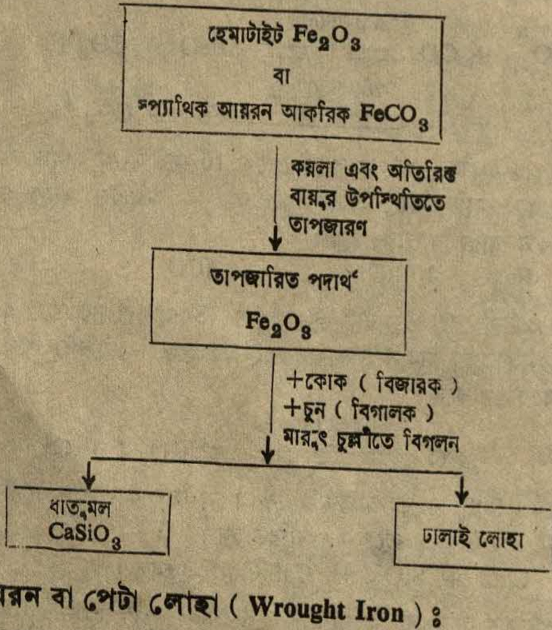
কোকে উপস্থিত আয়রন সালফাইডের বিজারণে সামান্য পরিমাণ সালফার মুক্ত হয়, সিলিকেট বিজারিত হয়ে সিলিকন মুক্ত হয়, এই সিলিকন আয়রন সিলিসাইড FeSi উৎপন্ন করে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয়ে ম্যাঙ্গানিজ উৎপন্ন হয়।

$$MnO_2 + 2C = Mn + 2CO\uparrow$$
$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO\uparrow$$

অশুদ্ধ স্পঞ্জ প্রকৃতির আয়রন এখন চুল্লীর বিগলন অঞ্চলে প্রবেশ করে। এখানে তাপমাত্রা 1200°সে.-এর উপরে থাকে, এই আয়রনে কার্বন, সালফার, ফসফরাস, সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকার জন্য ইহা বিশুদ্ধ লোহার গলনাঙ্ক (1500°সে.) অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় গলে যায়। উৎপন্ন আয়রন ও ধাতুমল চুল্লীর তলদেশে টায়ারের নীচে দুটি স্তরে জমা হয়। গলিত কাস্ট আয়রনের উপর ধাতুমল ভেসে থাকে। পৃথক পৃথক নির্গম নল দিয়ে 5—6 ঘণ্টা অন্তর ধাতুমল ও ধাতু বের করে নেওয়া হয়। কাস্ট আয়রনের মধ্যে মোটামুটি ভাবে Fe, 92—95%, C, 2—4·5%, Si, 0·7—3%, P, 0·5—1%, S, 0·1—0·3% এবং Mn, 0·1—0·2% থাকে।

লোহার বিভিন্ন প্রকারের মধ্যে ঢালাই লোহা বা কাস্ট আয়রন সবচেয়ে কম তাপমাত্রায় গলে, এই লোহা পাইপ এবং ভারী যন্ত্রাংশ ঢালাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়। কাস্ট আয়রনের 75 ভাগই ব্যবহৃত হয় ইস্পাত বা স্টীল উৎপাদনে। সামান্য পরিমাণে ব্যবহৃত হয় পেটা লোহা বা রট আয়রন প্রস্তুতিতে। মারুৎ চুল্লী থেকে প্রাপ্ত ধাতুমল বা স্ল্যাগ ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ। ইহা গলিত লোহার উপর ভেসে থাকে, ফলে গলিত লোহা উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহের প্রভাবে জারিত হয় না। এই slag বা ধাতুমল সিমেন্ট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। রাস্তা নির্মাণে ও সার হিসেবেও এটি ব্যবহৃত হয়।

ঢালাই লোহা প্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ

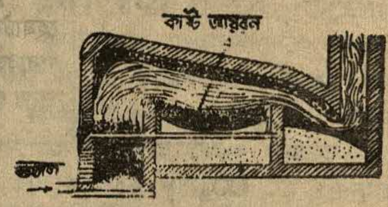


● **রট আয়রন বা পেটা লোহা (Wrought Iron) :**

বাণিজ্যিক লোহার মধ্যে এটিই বিশুদ্ধতম রূপ। এর মধ্যে 0·1—0·15% কার্বন এবং 0·25%-এর চেয়েও কম পরিমাণ অন্যান্য অশুদ্ধি যেমন সালফার, ফসফরাস, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি থাকে। এর গলনাঙ্ক 1400°—1500°সে.।

আলোড়ন পদ্ধতিতে প্রস্তুতি (Preparation by puddling process) ঃ

ভিতরের গায়ে হেমাটাইটের বা Fe_2O_3-এর আস্তরণযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে সদ্যপ্রস্তুত কাস্ট আয়রন বা ঢালাই লোহা নেওয়া হয়। চুল্লীর প্রশস্ত গহ্বরে প্রচুর বায়ুপ্রবাহের সংস্পর্শে ঢালাই লোহা উত্তপ্ত করে গলানো হয় এবং গলিত লোহাকে লম্বা লোহার দণ্ড দ্বারা আলোড়িত করা হয়। এর ফলে ঢালাই লোহা অশুদ্ধিগুলি সহ (যেমন C, S, Si, Mn প্রভৃতি) চুল্লীর আস্তরণের সংস্পর্শে আসে। অশুদ্ধিগুলি বায়ুপ্রবাহের অক্সিজেন ও আস্তরণের ফেরিক অক্সাইডের দ্বারা জারিত হয়। কার্বন জারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়, এটি গলিত লোহার মধ্য দিয়ে বুদবুদ আকারে বের হয়, ফলে ধাতু ফুটছে বলে মনে হয়।



চিত্র 1.21 ঃ আলোড়ন পদ্ধতিতে পেটা লোহা প্রস্তুতি।

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO\uparrow$$

সালফার জারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং গ্যাস হিসেবে নির্গত হয়ে যায়। সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, ফসফরাস প্রভৃতি জারিত হয়।

$$3S + 2Fe_2O_3 = 4Fe + 3SO_2\uparrow \; ; \quad 3Si + 2Fe_2O_3 = 4Fe + 3SiO_2$$
$$3Mn + Fe_2O_3 = 2Fe + 3MnO \; ; \quad 6P + 5Fe_2O_3 = 10Fe + 3P_2O_5$$
$$2C + O_2 = 2CO \; ; \quad Si + O_2 = SiO_2$$
$$S + O_2 = SO_2 \; ; \quad 2Mn + O_2 = 2MnO$$

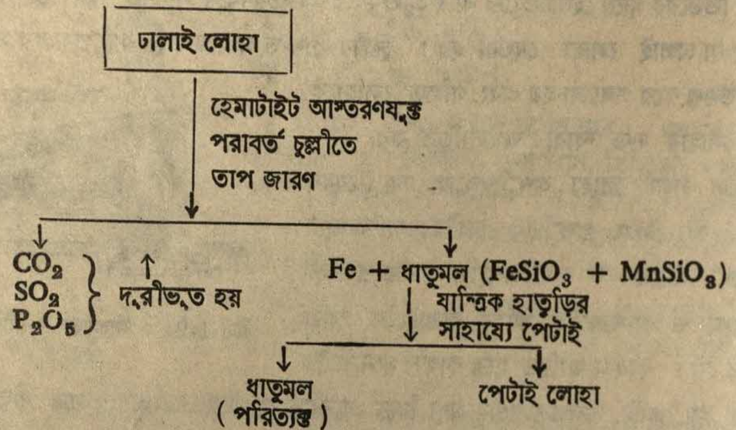
উৎপন্ন CO দ্বারা কিছু পরিমাণ Fe_2O_3 বিজারিত হয়ে FeO উৎপন্ন হয়, এই FeO এবং MnO-এর সঙ্গে SiO_2 বিক্রিয়া করে ধাতুমল উৎপন্ন হয় ঃ

$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3 \quad (\text{ধাতুমল})$$
$$MnO + SiO_2 = MnSiO_3 \quad (\text{ধাতুমল})$$

এইরূপে ঢালাই লোহা থেকে অশুদ্ধিগুলি অপসারিত হলে ঢালাই লোহা পেটা লোহায় পরিণত হয় এবং লোহার গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পেতে থাকে। ফলে চুল্লীর মধ্যে লোহা লেই-এর আকার ধারণ করে এবং লৌহদণ্ড দ্বারা আলোড়িত করলে পিণ্ডে পরিণত হয়। ধাতুমল পিণ্ডের উপর জড়িয়ে থাকে, এই পিণ্ডগুলিকে ঐ আলোড়কের সাহায্যে বের করে এনে যান্ত্রিক হাতুড়ি দ্বারা পিটিয়ে এর গায়ে জড়িয়ে থাকা ধাতুমল অপসারিত করা হয়। অবশেষে এই লোহার পাত বা বার প্রস্তুত করা হয়।

পেটাই লোহার দৃঢ়তা ও নমনীয়তার জন্য এটি ঝালাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-চুম্বকের যন্ত্রপাতি, সাধারণ তার ও বেহালা, সেতার প্রভৃতি বিভিন্ন বাদ্যযন্ত্রের তার প্রস্তুতিতে এবং ইস্পাত তৈরিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

● **পেটা লোহা তৈরির সংক্ষিপ্ত বিবরণ (Flow Sheet for Wrought iron Manufacture)**



ইস্পাত (Steel)

ইস্পাত লোহার একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রকার, এর মধ্যে কার্বনের পরিমাণ 0·15—1·5%, এই পরিমাণ ঢালাই লোহা ও পেটা লোহার কার্বনের পরিমাণের মাঝামাঝি। ইস্পাতে উপস্থিত কার্বনের পরিমাণের উপর এর প্রকৃতি নির্ভর করে। কম কার্বন যুক্ত ইস্পাতকে **নরম-ইস্পাত** (Soft steel) এবং বেশী কার্বনযুক্ত ইস্পাতকে **শক্ত ইস্পাত** (hard steel) বলে। ইস্পাতের মধ্যে কার্বন সাধারণত আয়রন কারবাইড হিসেবে উপস্থিত থাকে।

কার্বন ছাড়াও ইস্পাতে কিছু বিশেষ উপাদান যেমন, Mn, Cr, Ni প্রভৃতি মেশানো হয়, বিশেষ বিশেষ গুণ সম্পন্ন ইস্পাত প্রস্তুতিতে এই সব উপাদান বিভিন্ন অনুপাতে মিশ্রিত করা হয়। ঢালাই লোহা থেকে কার্বন এবং অন্যান্য অশুদ্ধি অপসারিত করে এবং পরিমাণ মত কার্বন এতে যুক্ত করে ইস্পাত উৎপন্ন করা হয়।

● **ঢালাই লোহা থেকে ইস্পাত উৎপাদন (Manufacture of steel from cast iron) :**

নীতি (Principle) : ঢালাই লোহা থেকে কার্বন সহ সকল অশুদ্ধি (সাধারণত ম্যাঙ্গানিজ সিলিকন, ফসফরাস, সালফার) প্রথমে জারণ প্রক্রিয়া দ্বারা অপসারিত করা হয় (বা এদের পরিমাণ খুব কমিয়ে আনা হয়)। কার্বন এবং সালফার উদ্বায়ী অক্সাইড গঠন করে নির্গত হয়ে যায়। ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন, ফসফরাস প্রভৃতি অক্সাইডে পরিণত হয় এবং পরে ধাতুমল গঠন করে অপসারিত হয়। এইরূপে প্রাপ্ত বিশুদ্ধতর লোহার সঙ্গে প্রয়োজনমত কার্বন যোগ করে অভিষ্ট বা ঈপ্সিত মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়।

বর্তমানে দুটি পদ্ধতিতে ঢালাই লোহা থেকে ইস্পাত উৎপন্ন করা হয়, যথা—

(I) বেসিমার পদ্ধতি (Bessemer process) এবং (II) ওপেন হার্থ পদ্ধতি বা সিমেন্স মার্টিন ওপেন হার্থ পদ্ধতি।

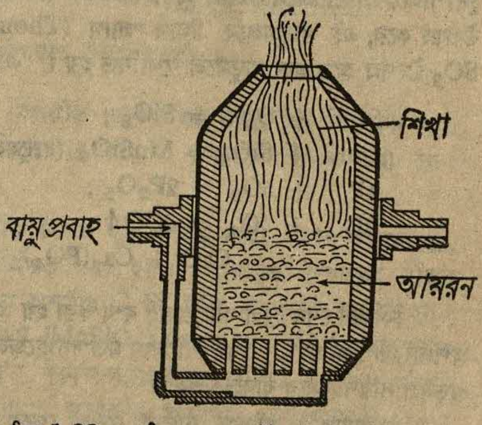
প্রতিটি পদ্ধতি আম্লিক পদ্ধতি ও ক্ষারকীয় পদ্ধতি—এই দুই উপায়ে সংঘটিত করা হয়। ফসফরাসমুক্ত ঢালাই লোহা আম্লিক পদ্ধতিতে এবং ফসফরাসযুক্ত ঢালাই লোহা ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে অশুদ্ধিমুক্ত করে ইস্পাত উৎপাদন করা হয়।

I. বেসিমার পদ্ধতি (Bessemer process) **:**

1855 খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী স্যার হেনরী বেসিমার কর্তৃক বেসিমার পদ্ধতি প্রবর্তিত হয়। এই প্রক্রিয়া বেসিমার কনভার্টার নামক ডিম্বাকৃতির (অনেকটা ন্যাসপাতির ন্যায়) ইস্পাত-নির্মিত বড় পাত্রে সংঘটিত হয়। এটির তিনটি অংশ আছে ; (i) অপসারণযোগ্য **সচ্ছিদ্র তলদেশ,**

যার মধ্য দিয়ে শীতল বাত্যাপ্রবাহ কনভার্টারে চালনা করা যায়। (ii) চোঙাকৃতি মধ্যভাগ এবং (iii) কোণাকার ঊর্ধ্বাংশ যার মধ্য দিয়ে গলিত ঢালাই লোহা কনভার্টারে ঢালা হয়। কনভার্টারের দু পাশে দুটি হাতল আছে (যারা অনুভূমিক ভাবে থাকে)—একটি হাতল ফাঁপা এবং কনভার্টারের সচ্ছিদ্র তলদেশ একটি নলের মাধ্যমে ঐ ফাঁপা হাতলের সঙ্গে যুক্ত। যান্ত্রিক ব্যবস্থার সাহায্যে কনভার্টারকে অনুভূমিক অক্ষের উপরে লম্বভাবে, অনুভূমিক ভাবে অথবা উল্টানো অবস্থায় রাখা যেতে পারে। কনভার্টারের ভিতরের দিকে আস্তরণ দেওয়া থাকে। এই আস্তরণ কোন্ পদার্থ দিয়ে দেওয়া হবে তা নির্ভর করে ব্যবহৃত ঢালাই লোহায় কি ধরনের অশুদ্ধি আছে তার উপর। ফসফরাসমুক্ত বা ফসফরাসের পরিমাণ কম (0·05%-এর নীচে) এবং সালফারের পরিমাণ কম এমন ঢালাই লোহা ব্যবহার করলে কনভার্টারের ভিতরে সিলিকা বা সিলিকা ঘটিত কোন আম্লিক পদার্থ-নির্মিত অগ্নিসহা ইট দ্বারা আস্তরণ দেওয়া হয়। এই পদ্ধতিকে **আম্লিক বেসিমার পদ্ধতি** বলে। ফসফরাস অশুদ্ধির পরিমাণ বেশী এমন ঢালাই লোহা ব্যবহার করলে, ভস্মীভূত ডলোমাইট, ম্যাগনেসিয়া, চুন প্রভৃতি ক্ষারকীয় পদার্থের আস্তরণ দেওয়া হয়, এই পদ্ধতিকে **ক্ষারকীয় বেসিমার পদ্ধতি** বলে।

(a) **আম্লিক বেসিমার পদ্ধতি (Acid Bessemer process)** ঃ সিলিকার আস্তরণযুক্ত কনভার্টারকে কাত করে (অনুভূমিক অবস্থায় রেখে) ব্লাস্ট ফার্নেস থেকে উৎপন্ন গলিত ঢালাই লোহাকে কনভার্টারের মধ্যে ঢালা হয়। এরপর কনভার্টারকে সোজা অবস্থায় (লম্ব ভাবে) রেখে উচ্চ চাপে গলিত ঢালাই লোহার মধ্য দিয়ে উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। এর ফলে ঢালাই লোহায় উপস্থিত সালফার, সিলিকন এবং ম্যাঙ্গানিজ প্রবাহিত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে অক্সাইডে পরিণত হয়। এই জারণ ক্রিয়া তাপদায়ী, এই বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপ কনভার্টার মধ্যস্থ পদার্থকে গলিত অবস্থায় রাখে। সালফারের জারণে উৎপন্ন SO_2 গ্যাস নির্গত হয়ে যায়। সিলিকন থেকে উৎপন্ন SiO_2 এবং



চিত্র 1.22 ঃ বেসিমার কনভার্টারে ইস্পাত উৎপাদন।

ম্যাঙ্গানিজ থেকে উৎপন্ন MnO যুক্ত হয়ে ম্যাঙ্গানাস সিলিকেট $MnSiO_3$ (ধাতুমল) উৎপন্ন করে।

$$S + O_2 = SO_2 \uparrow ; \quad Si + O_2 = SiO_2$$

$$2Mn + O_2 = 2MnO ; \ MnO + SiO_2 = MnSiO_3 \text{ (ধাতুমল)}$$

ঢালাই লোহায় উপস্থিত কার্বন জারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। সামান্য পরিমাণে আয়রন জারিত হয়ে ফেরিক অক্সাইড হয়, ইহাও ঢালাই লোহায় উপস্থিত কার্বনকে জারিত করে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে। এই উৎপন্ন CO চুল্লীর মুখে নীল শিখায় জ্বলতে থাকে।

$$2C + O_2 = 2CO \uparrow ; \quad 4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$$

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO \uparrow$$

প্রায় 6—8 মিনিটের মধ্যে কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইডে জারিত হয়ে অপসারিত হয়, তখন চুল্লীর মুখে নীল শিখা (CO প্রজ্বলনের দরুন) নিভে যায়। এইবার বায়ু-প্রবাহ বন্ধ করে কনভার্টারকে কাত করে অনুভূমিক অবস্থায় এনে গলিত লোহার সঙ্গে প্রয়োজনমত স্পাইজেল (spiegeleisen) (C, Mn এবং Fe-এর সংকর) যোগ করা হয়। এই স্পাইজেলকে ভালভাবে মেশানোর জন্য কনভার্টারকে সোজা অবস্থায় এনে আবার দু-এক মিনিটের জন্য বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। স্পাইজেল দুটি উদ্দেশ্য সাধন করে—প্রথমত, স্পাইজেলে উপস্থিত C ও Mn গলিত

লোহাতে দ্রবীভূত অক্সিজেন অপসারিত করে এবং যদি কিছু ফেরাস অক্সাইড থাকে তাকে বিজারিত করে ; দ্বিতীয়ত, উদ্বৃত্ত C ও Mn লোহাতে দ্রবীভূত হয়ে এর কাঠিন্য ও প্রসারণশীলতা বৃদ্ধি করে। এখন কনভার্টারকে কাত করে প্রথমে ভাসমান ধাতুমল অপসারণ করা হয় ; পরে গলিত ইস্পাত ছাঁচে ঢালা হয়। এই সময় স্বল্প পরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম বা টাইটেনিয়াম আয়রন সংকর বা ফেরো সিলিকন যোগ করে ইস্পাতের মধ্যস্থিত গ্যাসের (O_2, N_2, CO প্রভৃতি) বুদবুদ দূর করা হয়।

(b) **ক্ষারকীয় বেসিমার পদ্ধতি (Basic Bessemer process)ঃ** টমাস ও গিলক্রিস্ট (1879) এই পদ্ধতির প্রয়োগ করে ফসফরাসযুক্ত ঢালাই লোহা থেকে ইস্পাত প্রস্তুত করেন। এই পদ্ধতিতে কনভার্টারের ভিতরে ম্যাগনেশিয়া (MgO) এবং চুন (CaO) দ্বারা আস্তরণ দেওয়া হয়। প্রথমে চুনাপাথর ও কোকের একটি মিশ্রণ কনভার্টারের মধ্যে নিয়ে বায়ু প্রবাহিত করা হয়, এইবার গলিত ঢালাই লোহা যুক্ত করে উচ্চ চাপে তপ্ত বায়ু চালনা করা হয়। Si ও Mn প্রথমে জারিত হয়ে ধাতুমল উৎপন্ন করে। তারপর C এবং P জারিত হয়ে তাদের অক্সাইডে পরিণত হয়। কার্বন মনোক্সাইড কনভার্টারের মুখে নীল শিখা সহ জ্বলতে থাকে, নীল শিখা নিভে গেলে বোঝা যায় কার্বন সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়েছে। শিখা নির্বাপিত হওয়ার পরও অল্প কিছুক্ষণের জন্য বায়ু চালনা করা হয় যাতে ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে P_2O_5 উৎপন্ন করে। এই P_2O_5 পরে চুনাপাথরের বিয়োজনে উৎপন্ন চুনের (CaO) সঙ্গে যুক্ত হয়ে ক্ষারকীয় ধাতুমল [$Ca_3(PO_4)_2$, CaO] উৎপন্ন করে, এই ধাতুমলকে **টমাস স্ল্যাগ (Thomas-slag)** বলা হয়। সালফার জারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করে এবং ধাতুমলে শোষিত হয়। এটি সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

$Si + O_2 = SiO_2$; $2Mn + O_2 = 2MnO$

$MnO + SiO_2 = MnSiO_3$ (ধাতুমল) ; $CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$

$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$; $3CaO + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2$

$2C + O_2 = 2CO\uparrow$; $S + O_2 = SO_2\uparrow$

$CaO + Ca_3(PO_4)_2 = Ca_4P_2O_9$ (ধাতুমল)

বিক্রিয়া শেষ হলে বায়ুপ্রবাহ বন্ধ করা হয় এবং কনভার্টারকে কাত করে সাবধানে ধাতুমল অপসারিত করা হয়। এখন পরিমাণ মত স্পাইজেল মিশিয়ে ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। [$Ca_4P_2O_9$ ধাতুমল সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়]।

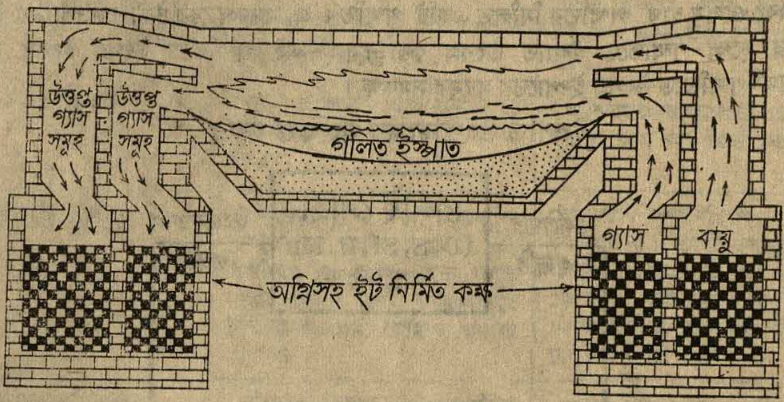
বেসিমার পদ্ধতিতে ঢালাই লোহা থেকে খুব দ্রুত ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়, কিন্তু এক্ষেত্রে উৎপন্ন ইস্পাতের মান খুব উচ্চ নয়। ইস্পাত কাঠামো নির্মাণে এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত ইস্পাত ব্যবহৃত হতে পারে।

II. সিমেন্স মার্টিন ওপেন হার্থ পদ্ধতি (Siemens Martin open hearth process) :

বর্তমানে এই পদ্ধতিতে উন্নত মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে ঢালাই লোহার সঙ্গে কিছু হেমাটাইট আকরিক ও অব্যবহার্য ইস্পাত মিশিয়ে উত্তপ্ত প্রডিউসার গ্যাস দিয়ে মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করে ইস্পাত উৎপন্ন করা হয়।

পরাবর্ত চুল্লীর মত ওপেন হার্থ চুল্লীটি অগ্নিসহা ইট দ্বারা তৈরি, চুল্লীটি ইস্পাতের পাত দ্বারা আবৃত। চুল্লীর প্রকাণ্ড ফাঁপা বক্ষটিতে (hearth) এবং দেওয়ালে অ্যাসিড পদ্ধতিতে সিলিকা (P-মুক্ত ঢালাই লোহার জন্য) এবং ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে CaO এবং MgO-এর আস্তরণ দেওয়া থাকে (P-যুক্ত ঢালাই লোহার জন্য)। অগ্নিকুণ্ডযুক্ত চুল্লীর মেঝের আয়তন বেশ বড় এবং এর ছাদটি নীচু, ফলে ছাদে জ্বালানী গ্যাস প্রতিফলিত হয়ে চুল্লী-বক্ষের ঢালাই লোহার বিগলন সহজ করে। জ্বালানী হিসেবে প্রডিউসার গ্যাস ব্যবহার করে চুল্লীটিকে প্রায় 1800°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। যাতে তাপের অপচয় না হয় সেজন্য তাপ পুনরুৎপাদন নীতির

(Principle of heat regeneration) ভিত্তিতে চুল্লীটি উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীর এক-একদিকে অগ্নিসহা ইটের জাফরিযুক্ত এক-এক জোড়া কক্ষ থাকে। এক দিকের জাফরির মধ্য দিয়ে প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ পাঠানো হয় এবং অপর দিকের জাফরির মধ্য দিয়ে চুল্লী থেকে নির্গত, তপ্ত পরিত্যক্ত গ্যাস বের হয়ে এই কক্ষের ইটগুলিকে উত্তপ্ত করে। কিছুক্ষণ পরে



চিত্র 1.23 : ওপেনহার্থ পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতি।

প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণের প্রবাহ-পথ বিপরীত দিকের এই উত্তপ্ত জাফরির মধ্য দিয়ে ঘুরিয়ে দেওয়া হয় এবং পরিত্যক্ত গ্যাস অপর দিক দিয়ে বের করে ঐ কক্ষগুলি উত্তপ্ত করা হয়। এইরূপে এই প্রক্রিয়া পর্যায়ক্রমে চলতে থাকে।

মারুৎ চুল্লীতে প্রস্তুত ঢালাই লোহা সরাসরি ওপেন হার্থ চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করানো হয়, এর সঙ্গে কিছু পরিত্যক্ত ইস্পাত এবং হেমাটাইট মিশ্রিত করা হয়। পরিত্যক্ত ইস্পাতের মরিচা এবং হেমাটাইটের অক্সিজেন দ্বারা ঢালাই লোহার অশুদ্ধি C, Si, Mn, P প্রভৃতি জারিত হয়। MnO এবং SiO_2-এর বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানাস সিলিকেট ($MnSiO_3$) উৎপন্ন হয়, এটি ধাতুমল রূপে সঞ্চিত হয়। বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা অবশিষ্ট কার্বন কার্বন-মনোক্সাইডে জারিত হয় এবং গলিত লোহার মধ্য দিয়ে বুদবুদ আকারে বের হয়ে যায়। ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ফসফরাস P_2O_5-এ জারিত হয় এবং MgO এবং CaO-এর সঙ্গে বিক্রিয়াতে $Mg_3(PO_4)_2$, $Ca_3(PO_4)_2$ গঠিত হয়ে ধাতুমল রূপে সঞ্চিত হয়।

$2Mn + O = 2MnO$;

$Si + O_2 = SiO_2$

$Fe_2O_3 + 3C = 3CO + 2Fe$;

$2C + O_2 = 2CO$

$2Fe_2O_3 + 3S = 3SO_2 + 4Fe$;

$Fe_2O_3 + 3Mn = 3MnO + 2Fe$

$5Fe_2O_3 + 6P = 10Fe + 3P_2O_5$

$MnO + SiO_2 = MnSiO_3$ (ধাতুমল)

$3CaO + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2$ (ধাতুমল)

$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$ (ধাতুমল)

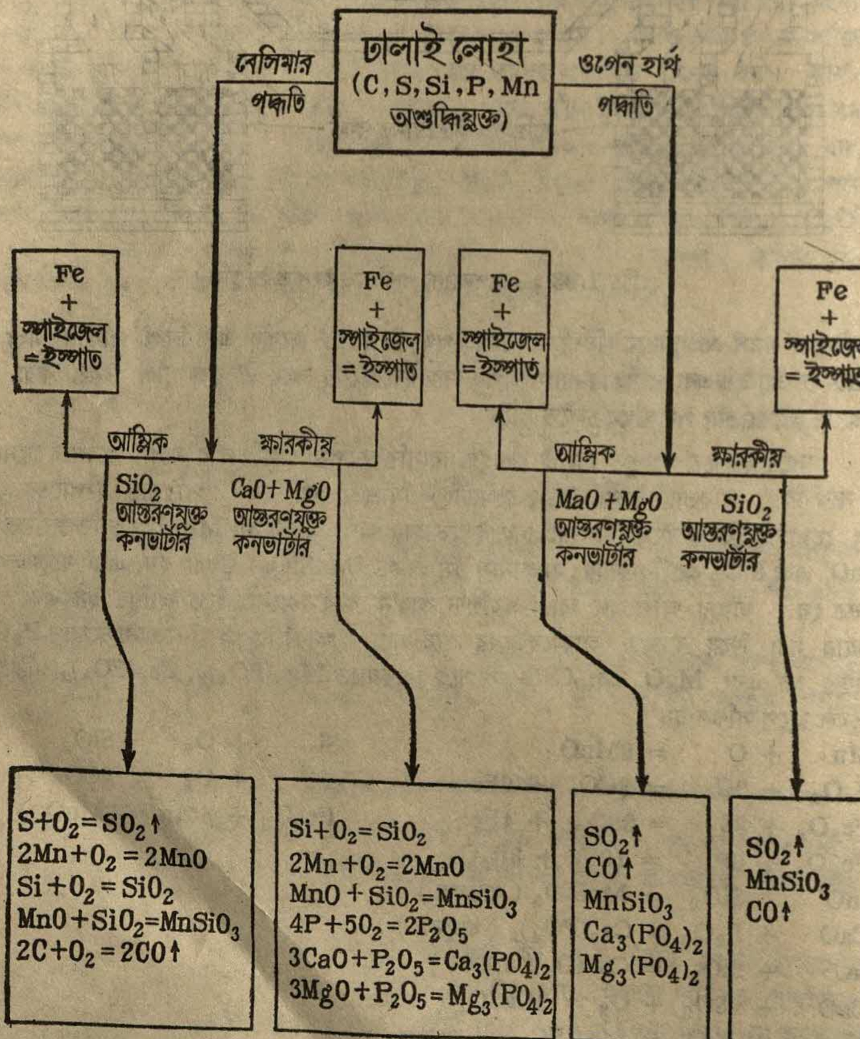
$2CaO + 2SO_2 + O_2 = 2CaSO_4$ (ধাতুমল)

$2MgO + P_2O_5 = Mg_3(PO_4)_2$ (ধাতুমল)

ধাতুমল অপসারিত করে পরিমাণ মত স্পাইজেল যোগ করে ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। শেষ পর্যায়ে তৈরি ইস্পাতের মধ্যে সামান্য পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম বা ফেরোসিলিকন মিশিয়ে ইস্পাতে দ্রবীভূত গ্যাসের সবটা দূরীভূত করা হয়।

মোট উৎপাদিত ইস্পাতের 80 শতাংশই ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে উৎপন্ন করা হয়। বর্তমানে **ডুপ্লে পদ্ধতিতে** (**Duplex-process**) প্রচুর পরিমাণে ইস্পাত উৎপন্ন করা হয়। এই পদ্ধতিতে গলিত ঢালাই লোহা প্রথমে আম্লিক বেসিমার কনভারটারে উত্তপ্ত করে সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, সালফার এবং খানিকটা কার্বন দূরীভূত করা হয়। এরপর ফসফরাস এবং অবশিষ্ট কার্বন দূরীভূত করা হয় ক্ষারকীয় আস্তরণযুক্ত ওপেন হার্থ চুল্লীতে। ডুপ্লে-পদ্ধতি হচ্ছে বেসিমার-পদ্ধতি এবং ওপেন হার্থ পদ্ধতির মিলিত একটি পদ্ধতি। জামসেদপুরের টাটা কোম্পানির ইস্পাত কারখানায় ডুপ্লে পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপন্ন করা হয়। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ইস্পাতের মান ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে উৎপন্ন ইস্পাতের মানের সমকক্ষ।

ইস্পাত উৎপাদনের সংক্ষিপ্ত ছক :



ওপেন হার্থ পদ্ধতি ও বেসিমার পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা থেকে পদ্ধতি দুটির গুণাগুণ আরও স্পষ্ট করে জানা যাবে।

ওপেনহার্থ ও বেসিমার পদ্ধতির তুলনা (Comparison between Open hearth process and Bessemer process) :

	ওপেন হার্থ পদ্ধতি	বেসিমার পদ্ধতি
1. উৎপাদনের সময়কাল ও ইস্পাতের মান	মন্থর পদ্ধতি, 8-10 ঘণ্টা সময় লাগে। ইস্পাতের মান পরীক্ষা করে নিয়ন্ত্রিত করা যায়। ভাল মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়।	এটি দ্রুত পদ্ধতি, 8-10 মিনিট সময়ে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়। ঈপ্সিত মানের ইস্পাত তৈরি করা সম্ভব হয় না। নিম্নমানের ইস্পাত উৎপন্ন হয়।
2. জ্বালানীর ব্যবহার ও ব্যয়	দাহ্য জ্বালানী গ্যাস ব্যবহৃত হয় এবং তার জন্য ব্যয় কিছু বেশী হয়।	অতিরিক্ত কোন জ্বালানীর প্রয়োজন হয় না, ফলে খরচ কিছু কম হয়।
3. ফসফরাস দূরীকরণ	ফসফরাস-সহ সকল অশুদ্ধি সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়। এই পদ্ধতিতে যে কোন মানের ঢালাই লোহা এমনকি বেশী ফসফরাসযুক্ত নিম্নমানের ঢালাই লোহাও ব্যবহার করা যায়।	ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায় না। বেশী ফসফরাসযুক্ত ঢালাই লোহা ব্যবহার করা যায় না। (ক্ষারকীয় বেসিমার পদ্ধতিতেও ফসফরাসের সর্বোচ্চ পরিমাণ 3%-এর বেশী না হওয়া বাঞ্ছনীয়।)
4. উৎপাদনের পরিমাণ	পরিত্যক্ত ইস্পাত ও হেমাটাইট আকরিক ব্যবহার করে সরাসরি ইস্পাত উৎপন্ন করা যায়, ফলে বেশী পরিমাণ ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়।	ব্যবহৃত কাস্ট আয়রন থেকে 90% ইস্পাত উৎপন্ন হয়। এই পরিমাণ ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে প্রাপ্ত পরিমাণের চেয়ে কম।

ইস্পাতের কঠিনীকরণ (hardening), **কোমলায়ন** (annealing), **পানদান** (tempering) : লোহিত তপ্ত ইস্পাতকে হঠাৎ ঠান্ডা জলে বা তেলে ডুবিয়ে ঠান্ডা করলে এটি অত্যন্ত শক্ত এবং ভঙ্গুর হয়ে যায়। এই পদ্ধতিকে ইস্পাতের **কঠিনীকরণ** বলা হয়। এইরূপে কঠিন ইস্পাত (hard steel) পাওয়া যায়। যখন কঠিন ইস্পাতকে পুনরায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত (230°—300°সে. এর মধ্যে) উত্তপ্ত করে ধীরে ধীরে ঠান্ডা করা হয় তখন এর ভঙ্গুরতা (brittleness) লোপ পায় এবং নমনীয় হয়। এই পদ্ধতিকে **পানদান** (tempering) বলে। ইস্পাতকে অতিমাত্রায় লোহিত-তপ্ত করে ধীরে ধীরে শীতল করলে নমনীয় ইস্পাত (soft steel) উৎপন্ন হয়, এই পদ্ধতিকে **কোমলায়ন** (annealing) বলা হয়।

ঢালাই লোহা, ইস্পাত ও পেটা লোহার ধর্মের তুলনা (Comparison of properties of cast iron, steel and wrought iron) :

ধর্ম	ঢালাই লোহা	ইস্পাত	পেটা লোহা
1. কার্বনের পরিমাণ	(2—4·5)%	(0·25—1·5)%	(0·1—0·25)%
2. গলনাঙ্ক	1200° সে.	1300—1400° সে.	1400—1500° সে.
3. প্রকৃতি	শক্ত, ভঙ্গুর	শক্ত, নরম, অভঙ্গুর ও স্থিতিস্থাপক	নরম, নমনীয়, পাত ও তার প্রস্তুত করা যায়।
4. গঠন	কেলাসিত	কেলাসিত	তন্তুময়।
5. পানদান (Tempering)	পানদান করা যায় না	পানদান করা যায়	পানদান করা যায় না।
6. ঝাল-দেওয়া বা জোড়া লাগানোর ক্ষমতা	জোড়া লাগানো যায় না	জোড়া লাগানো যায়	জোড়া লাগানো যায়।
7. তননক্ষমতা (Tensile strength)	10 টন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে	30—100 টন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে	25 টন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে।
8. চুম্বকীকরণ (Magnetisation)	স্থায়ী চুম্বকে পরিণত হয় না	স্থায়ী চুম্বক হয়	স্থায়ী চুম্বকে পরিণত হয় না।

বিভিন্ন প্রকারের ইস্পাত (Different kinds of steel) ঃ

(i) **নমনীয় ইস্পাত** (Mild steel) ঃ এই ধরনের ইস্পাতে কার্বনের পরিমাণ কম থাকে—প্রায় পেটা লোহার কাছাকাছি, কাঠিন্য ও স্থিতিস্থাপকতা গুণ আছে।

(ii) **কঠিন ইস্পাত** (Hard steel) ঃ এর মধ্যে কার্বনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশী—শক্ত ও ভঙ্গুর।

(iii) **সংকর ইস্পাত** (Alloy steel) ঃ ইস্পাতের সঙ্গে অন্যান্য ধাতু মিশিয়ে বিশেষ ধর্ম বিশিষ্ট বিভিন্ন কাজের উপযোগী ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়, এই প্রকার ইস্পাতকে সংকর ইস্পাত বা অ্যালয় স্টীল বলা হয়।

নীচে বিশেষ ধরনের সংকর ইস্পাতের নাম, উপাদানের অনুপাত, ধর্ম ও ব্যবহারের তালিকা দেওয়া হল ঃ

সংকর ইস্পাতের নাম	উপাদানের অনুপাত	ধর্ম	ব্যবহার
1. ম্যাংগানিজ ইস্পাত	10–18% Mn	খুব শক্ত, ঘাতসহনশীল, কম ক্ষয় হয়।	চূর্ণ করার যন্ত্রপাতি, রেল, সিন্দুক, হেলমেট প্রভৃতি প্রস্তুতিতে।
2. নিকেল-ক্রোমিয়াম ইস্পাত	1–4% Ni 0·5–2% Cr	কঠিন, উচ্চ তনন ক্ষমতা ও সম্প্রসারণশীলতা গুণসম্পন্ন।	যুদ্ধ সরঞ্জাম প্রস্তুতিতে।
3. অ্যালনিকো	20% Ni 12% Al 5% Co	উচ্চ চৌম্বক ধর্ম গুণ সম্পন্ন।	উচ্চ ক্ষমতা সম্পন্ন স্থায়ী চুম্বক প্রস্তুতিতে।
4. ক্রোম-ভ্যানাডিয়াম ইস্পাত	1–10% Cr 0·5% V	অত্যন্ত দৃঢ় ও সম্প্রসারণশীল।	স্প্রিং, মোটর গাড়ীর যন্ত্রাংশ নির্মাণে।
5. স্টেনলেস স্টীল বা ক্রোমিয়াম ইস্পাত	10–15% Cr 0·3% C	ক্ষয় ও মরিচারোধী।	বাসনপত্র, অস্ত্রোপচারের যন্ত্রপাতি নির্মাণে।
6. টাংস্টেন ইস্পাত	10–20% W 3–8% Cr	অত্যধিক তাপসহ।	দ্রুতগতি সম্পন্ন যন্ত্রাংশ, লেদ মেশিনের কাটার যন্ত্রাংশ।
7. নিকেল ইস্পাত	2–4% Ni	অত্যধিক স্থিতিস্থাপক, কঠিন ও ক্ষয়রোধী গুণসম্পন্ন।	গিয়ার ও গাড়ীর যন্ত্রে।
8. ইনভার	30–36% Ni	প্রসারণ গুণাঙ্ক কম (প্রসারণ প্রায় হয় না বললেই চলে)।	পরিমাপের যন্ত্রপাতি, (যেমন মিটার-স্কেল) পেন্ডুলাম প্রস্তুতিতে।
9. "18–8" ইস্পাত	18% Cr 8% Ni	ক্ষয় নিবারক।	ছুরি, কাঁচি, যন্ত্রপাতি নির্মাণে।

প্রশ্ন : 1.111 বিভিন্ন প্রকার আয়রনের ভৌত ধর্ম কিসের উপর নির্ভর করে ?

1.112 সরাসরি যে আকরিক থেকে লোহা প্রস্তুত করা হয় তার নাম কি ?

1.113 আয়রন আকরিকের তাপজারণে বা ভস্মীকরণে আকরিকের কি পরিবর্তন হয় ?

1.114 আয়রন আকরিক থেকে আয়রন উৎপাদনের জন্য কি বিজারক এবং কি বিগালক ব্যবহৃত হয় ?

1.115 মারুত চুল্লীর বিজারণ অঞ্চল ও বিগলন অঞ্চলের তাপমাত্রা কত ?

1.116 মারুত চুল্লীতে আয়রন আকরিকের সঙ্গে মিশ্রিত কোকের ভূমিকা কি ?

1.117 ঢালাই লোহায় কি অশুদ্ধি থাকে ?

1.118 লৌহ নিষ্কাশনে প্রাপ্ত ধাতুমল কি কাজে ব্যবহৃত হয় ?

1.119 তিন প্রকার লোহার মধ্যে কোন্‌টি (a) বিশুদ্ধতম, (b) অশুদ্ধতম ?

1.120 আয়রন পিরাইটিস কি লোহার আকরিক ?

1.121 পেটা লোহায় কার্বনের পরিমাণ কত ?

1.122 ঢালাই লোহা থেকে পেটা লোহা প্রস্তুতির সময় অশুদ্ধিগুলি কি যৌগ গঠন করে অপসারিত হয় ?

1.123 ঢালাই লোহা থেকে ইস্পাত প্রস্তুতির নীতি কি ?

1.124 ফসফরাসযুক্ত এবং ফসফরাসমুক্ত ঢালাই লোহা থেকে ইস্পাত উৎপাদনের মধ্যে কি কি ধরনের চুল্লী ব্যবহৃত হয় ?

1.125 ইস্পাত উৎপাদনের সময় ঢালাই লোহার অশুদ্ধিগুলি অপসারিত করার পর এর সঙ্গে স্পাইজেল মেশানো হয় কেন ?

1.126 ইস্পাত প্রস্তুতির শেষ পর্যায়ে অল্প পরিমাণ ফেরোসিলিকন মেশান হয় কেন ?

1.127 ক্ষারকীয় পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতির সময় ঢালাই লোহার ফসফরাস কিভাবে অপসারিত হয় ? টমাস স্ল্যাগ কি ?

1.128 বেসিমার পদ্ধতি ওপেনহার্থ পদ্ধতির কোন্‌টিতে (a) দ্রুত ইস্পাত উৎপন্ন হয়। (b) কোন্ পদ্ধতিতে উচ্চমানের ইস্পাত প্রস্তুত করা যায় ?

1.129 পানদান কাকে বলে ? এর প্রয়োজনীয়তা কি ?

অনুশীলনী

1. ধাতুর ব্যবহারের দিক থেকে আধুনিক যুগকে কি যুগ বলা যায় ? কোন্ ধাতুটির ব্যবহার মানুষ প্রথম শেখে বলে বিজ্ঞানীরা মনে করেন ? সুপ্রাচীন কাল থেকে যেসব ধাতুর ব্যবহার মানুষের জানা ছিল বলে প্রমাণিত হয়েছে তাদের কয়েকটির নাম কর।

2. **টীকা লেখ :** (a) খনিজ, (b) আকরিক, (c) তৈল ভাসন পদ্ধতি, (d) স্বতঃবিজারণ, (e) ভস্মীকরণ, (f) তাপ জারণ, (g) বিগলন ও বিজারণ, (h) কার্বন বিজারণ (i) থার্মিট পদ্ধতি, (j) ধাতুমল, (k) ইউটেকটিক মিশ্রণ, (l) অ্যালুমিনো থারমিক পদ্ধতি (Alumino thermic process)।

3. **নিম্নলিখিত জোড়গুলির মধ্যে পার্থক্য কি ?**

(a) খনিজ ও আকরিক, (b) ধাতুসংকর ও পারদসংকর, (c) খনিজমল ও ধাতুমল, (d) ভস্মীকরণ ও তাপজারণ, (e) বিগলন ও বিশোধন।

4. ধাতুর একটি সংক্ষিপ্ত সংজ্ঞা দিতে চেষ্টা কর। অধিকাংশ ধাতু প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন ? সাধারণত কি ধরনের যৌগরূপে ধাতুগুলিকে যুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় ?

5. K, Ca, Na, Mg, Al প্রভৃতি ধাতু প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন ? এই ধাতুগুলিকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যায় না কেন ? এই ধাতুগুলি কোন্ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত হয়ে থাকে ?

6. "ধাতুসমূহের নিষ্কাশন পদ্ধতি তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে তাদের অবস্থানের উপর নির্ভরশীল"—ব্যাখ্যা কর।

7. 'ভারী ধাতু' এবং 'হালকা ধাতু' বলতে কি বোঝ? 'ক্ষারীয় ধাতু', 'ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু' এবং 'বর ধাতু' কোন্‌গুলি? প্রতিটি শ্রেণীর একটি করে ধাতুর নিষ্কাশন পদ্ধতি সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

8. (a) অক্সাইড আকরিক, (b) সালফাইড আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশনের নীতি বর্ণনা কর। প্রতিটি ধাপ উদাহরণ সহ বুঝিয়ে দাও।

9. তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যায় এমন একটি ধাতুর নাম লেখ এবং এই ধাতুটি নিষ্কাশনের বিক্রিয়াগুলি উল্লেখ কর।

10. কার্বন বিজারণ পদ্ধতি দ্বারা নিষ্কাশন করা যায় এমন একটি ধাতুর নাম লেখ। আকরিক থেকে ধাতুটির নিষ্কাশন সংক্রান্ত সমস্ত বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। (H.S. 1983)

11. নিম্নলিখিত মৌলগুলি এদের ইলেকট্রোপজিটিভ ধর্মের ক্রমানুসারে সজ্জিত:

Na > Mg > Al > Zn > Fe > H > Cu > Pt এই তথ্য থেকে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও:

(i) Mg এবং Fe-এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক জারণ ক্ষমতা সম্পন্ন?

(ii) Cu এবং Zn-এর মধ্যে কোন্‌টির সালফেট দ্রবণের মধ্যে অপর ধাতুটি যোগ করলে উক্ত মৌলটি মুক্ত হবে?

(iii) Na এবং Cu-এর মধ্যে কোন্‌টির প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকার সম্ভাবনা অধিক?

(iv) Mg এবং Fe-এর মধ্যে কোন্‌টিকে তুমি তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করার জন্য বেছে নেবে?

(v) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে Na এবং Fe-এর মধ্যে কোন্‌টির নিষ্কাশনের সম্ভাবনা কম?

(H.S. 1982)

12. সোডিয়ামের প্রাকৃতিক উৎসগুলি কি? সমীকরণসহ সংক্ষেপে (i) ডাউনের পদ্ধতি ও (ii) কাস্টনার পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশন বর্ণনা কর। দুটি পদ্ধতির তুলনামূলক আলোচনা কর। ধাতব সোডিয়াম কিভাবে রাখা হয়?

13. কপারের প্রধান প্রধান আকরিকের নাম ও সংকেত লেখ। বিক্রিয়ার সমীকরণসহ সালফাইড আকরিক থেকে কপার নিষ্কাশনের একটি প্রচলিত পদ্ধতির বর্ণনা কর। ব্লিস্টার কপার বলতে কি বোঝ? কপার কিভাবে পরিশোধন করা হয়?

14. জিঙ্কের প্রধান আকারক কি? সঙ্কেত লেখ। এই আকরিক থেকে কিভাবে জিঙ্ক নিষ্কাশিত করা হয়? কিভাবে জিংক পরিশোধন করা হয়?

15. (a) সিক্ত পদ্ধতিতে জিংক নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

(b) ক্যালামাইন আকরিক থেকে কিভাবে জিংক নিষ্কাশন করা হয়?

16. (a) তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন সংক্রান্ত বিষয়ে নিম্নলিখিত তথ্যাবলী পরিবেশন কর:

(i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত উপাদানসমূহের সংযুতি।

(ii) তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ।

(iii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থসমূহের মধ্যে কোন্ পদার্থটি ব্যয়িত হয়।

(iv) ধাতুটি কিরূপে সংগৃহীত হয়।

(b) ব্লাস্ট ফার্নেসের সাহায্যে কাস্ট আয়রন উৎপাদন করতে হলে ব্যবহৃত পদার্থগুলির নাম লেখ। এদের মধ্যে লৌহ আকরিক ব্যতীত অপর পদার্থগুলি কোন্ ভূমিকা পালন করে তা সমীকরণ সহ বুঝিয়ে দাও। (H.S. 1982)

17. ব্যাখ্যা কর কেন?

(a) ধাতব সোডিয়াম প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

(b) সোডিয়াম কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যায় না কিন্তু লোহা এই পদ্ধতিতে সহজেই নিষ্কাশিত করা যায়।

(c) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশনের জন্য গলিত ধাতব লবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করা হয়, ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করা হয় না।

(d) লৌহ নিষ্কাশনে ক্ষারকীয় বিগালক ব্যবহার করা হয় কিন্তু কপার নিষ্কাশনে আম্লিক বিগালক ব্যবহার করা হয়।

(e) ডাউনের পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করা হয়।

(f) ডাউনের পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করার ফলে ক্যাথোডে শুধুমাত্র সোডিয়াম মুক্ত হয় ক্যালসিয়াম মুক্ত হয় না।

(g) বিশোধিত বক্সাইট আকরিক থেকে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা যায় না।

(h) শুধুমাত্র অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা হয় না।

(i) স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে কপার নিষ্কাশনের সময় বেসিমার কনভারটারের ভিতরের গায়ে সিলিকার আস্তরণ দেওয়া থাকে।

(j) ম্যাটের স্বতঃবিজারণের সময় কনভারটারের মধ্যে প্রচুর পরিমাণে তপ্ত বায়ু প্রবাহিত করা হয় কিন্তু কপার জারিত হয় না।

(k) কপার পাইরাইটিস আকরিক থেকে ধাতব কপার নিষ্কাশন করা কষ্টকর।

(l) লোহার আকরিক তাপজারণের সময় আকরিকগুলি সচ্ছিদ্র ও ঝাঁঝরা বিশিষ্ট না হলে কি অসুবিধা হত?

(m) উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়ে H_2 প্রবাহিত করলে Cu পাওয়া যায় কিন্তু উত্তপ্ত Na_2O-এর উপর দিয়ে H_2 প্রবাহিত করলে Na পাওয়া যায় না।

(n) তামার সালফাইড আকরিককে পুড়িয়েই ধাতুটি পাওয়া যেতে পারে। (J.E.E. '85)

(o) সোডিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে সোডিয়াম নিষ্কাশন করা যায় না। (J.E.E. '80)

(p) ভস্মীকরণের সময় লৌহ আকরিকে উপস্থিত ফেরাস-অক্সাইড ফেরিক-অক্সাইডে জারিত হয় ফলে লোহার অপচয় বন্ধ হয়—এই উক্তির যথার্থতা আলোচনা কর।

18. (a) বিশুদ্ধ লোহা কিভাবে প্রস্তুত করা যায়, (b) স্পাইজেল কি কাজে ব্যবহৃত হয়, (c) ফসফরাস যুক্ত কাস্ট আয়রন থেকে কিভাবে ইস্পাত উৎপন্ন করা যায়, (d) দার্শনিকের উল (Philosopher's wool) কি? (e) রুজ কি এবং কি কাজে ব্যবহৃত হয়? (f) অ্যালয় স্টীল এবং স্টেইনলেস স্টীল কি?

19. (a) বক্সাইট থেকে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা কিরূপে প্রস্তুত করবে? বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতি সমীকরণ সহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর। কিরূপে অ্যালুমিনিয়াম পরিশোধন করা হয়?

(b) কয়েকটি অ্যালুমিনিয়াম সংকরের নাম কর এবং এদের উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ উল্লেখ কর। বেশি সিলিকাযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম আকরিক বায়ারের পদ্ধতিতে পরিশোধিত করা যায় না, কেন?

20. লৌহ নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুত চুল্লীর বর্ণনা দাও। বিগলন প্রক্রিয়ার সময় মারুত চুল্লীর বিভিন্ন অংশে সংঘটিত বিক্রিয়াগুলি সংক্ষেপে বিবৃত কর। মারুত চুল্লীতে বিশেষরূপে শুষ্ক বায়ু-প্রবাহিত করা হয় কেন?

21. (a) বিভিন্ন পরিমাণ কার্বনের মিশ্রণে যে তিন প্রকারের লৌহ উৎপন্ন হয় তাদের নাম লেখ। এদের ধর্মের তুলনা কর এবং ব্যবহার উল্লেখ কর।

(b) ইস্পাত কি? ঢালাই লোহা থেকে ইস্পাত প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইস্পাতের কঠিনীকরণ, কোমলায়ন এবং পানদান সম্বন্ধে অতি সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।

22. ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপাদন সম্বন্ধে যা জান লেখ। ওপেন হার্থ পদ্ধতি ও বেসিমার পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপাদনের তুলনামূলক আলোচনা কর। যে কোন দুটি সংকর ইস্পাতের উপাদানের পরিমাণ, ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

23. (a) ক্যালসিয়ামের প্রধান প্রধান খনিজগুলি কি? ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড থেকে কিরূপে ধাতব ক্যালসিয়াম প্রস্তুত করা হয়।

(b) ক্যালসিয়াম কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যায় না কেন? ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় এর সঙ্গে সামান্য পরিমাণে ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড মিশ্রিত করা হয় কেন?

24. (a) বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন সংক্রান্ত নিম্নলিখিত তথ্যগুলি বিবৃত কর:

(i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত উপাদানসমূহের সংযুতি।

(ii) তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ ও তড়িৎদ্বার দুটির প্রকৃতি। (H.S. '85)

(iii) ধাতুটির সংগ্রহ।

(b) স্বতঃবিজারণ পদ্ধতি দ্বারা নিষ্কাশন করা যায় এমন একটি ধাতুর নাম লেখ। এর আকরিক থেকে ধাতুটির নিষ্কাশন সংক্রান্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। (H.S. '85)

(c) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কোন্ ধাতুর আকরিক?

(i) চালকোপাইরাইট, (ii) ম্যাগনেটাইট। (H.S. '85)

(d) নিম্নোক্ত ধাতু সংকরগুলির উপাদানের নাম লেখ:

(i) ব্রোঞ্জ, (ii) স্টেনলেস স্টীল। (H.S. '85)

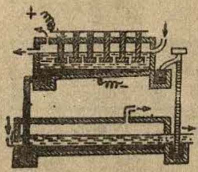
(e) জিঙ্ক-পারদ সংকর কি? এটি কিরূপে প্রস্তুত করা হয়। (H.S. '85)

25. অ্যালুমিনিয়ামের দুটি গুরুত্বপূর্ণ আকরিকের নান লেখ, তাদের উপাদান উল্লেখ কর। অ্যালুমিনিয়াম আকরিক থেকে ধাতুটি কিরূপে নিষ্কাশিত করা হয় সমীকরণসহ সংক্ষেপে আলোচনা কর। ধাতুটির ব্যবহার এবং এর দুটি প্রধান ধাতু সংকরের উল্লেখ কর। (J.E.E. '78)

26. সালফাইড আকরিক থেকে কপার ও জিঙ্ক নিষ্কাশনের নীতি সংক্ষেপে আলোচনা কর। বিভিন্ন ধাপের বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ। এদের কিভাবে বিশোধন করা হয়। (J.E.E. '79)

27. কপারের একটি প্রধান আকরিকের নাম ও সংকেত লেখ। কপারের এই আকরিক থেকে ব্লিস্টার কপার নিষ্কাশনের পদ্ধতি বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। (J.E.E. '82)

28. অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কি অসুবিধা দেখা দিয়েছিল? কিভাবে এই অসুবিধা কাটিয়ে ওঠা গেল? তড়িৎ-বিশ্লেষণের পূর্বে বক্সাইট আকরিক বিশুদ্ধিকরণের প্রয়োজন কেন? অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন প্রক্রিয়াটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।



ধাতু ও ধাতব যৌগসমূহের রসায়ন

[CHEMISTRY OF METALS AND METALLIC COMPOUNDS] 2

Syllabus : Properties (both physical and chemical) and uses of the metals : Na, Ca, Cu, Zn, Al, Fe. Chemistry of their oxides, hydroxides, chlorides, nitrates, sulphates and carbonates (preparation, properties and uses).

2.1 ধাতুসমূহের সাধারণ ধর্মাবলী এবং অধাতুর সঙ্গে ধাতুর পার্থক্য

পূর্বেই আলোচিত হয়েছে যে ধাতুসমূহের কিছু স্বকীয় বৈশিষ্ট্য যুক্ত ধর্মাবলী এদের অধাতব মৌলসমূহ থেকে পৃথক করেছে। ধাতু এবং অধাতুর মধ্যে পার্থক্য নির্দেশক এরূপ কয়েকটি ধর্মের ভিত্তিতে সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা নীচের সারণীতে উপস্থাপিত হল ঃ

সারণী 2.1 ঃ ধাতব এবং অধাতব মৌলসমূহের ধর্মাবলীর পার্থক্য ঃ

ধাতু	অধাতু
(1) ধাতুসমূহ ধাতব-দ্যুতি সম্পন্ন (অতি-সূক্ষ্ম চূর্ণ অবস্থায় অবশ্য এই ধাতব-দ্যুতি সাধারণত থাকে না)।	(1) দ্যুতিহীন।
(2) অস্বচ্ছ, আলোক প্রতিফলনে সক্ষম।	(2) স্বচ্ছ বা অর্ধস্বচ্ছ, সাধারণত আলোক প্রতিফলনে অক্ষম।
(3) তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।	(3) তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী অথবা অপরিবাহী (অন্তরক)। [ব্যতিক্রম ঃ গ্রাফাইট ও গ্যাস-কার্বন অধাতু হলেও তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী হাইড্রোজেন তাপের সুপরিবাহী]
(4) সাধারণ অবস্থায় ধাতুগুলি কঠিন। (ব্যতিক্রম ঃ মার্কারী সাধারণ অবস্থায় তরল, গ্যালিয়াম 30°সে. বা তার ঊর্ধ্ব তাপমাত্রায় তরল)	(4) সাধারণ অবস্থায় অধাতুগুলি কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় হতে পারে।
(5) সাধারণত শক্ত ও উচ্চ ঘনত্ব সম্পন্ন (লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম এই সব ক্ষারীয় ধাতুর ঘনত্ব অবশ্য উচ্চ নয়, জলের থেকেও এদের ঘনত্ব কম)।	(5) সাধারণত নরম ও নিম্ন-ঘনত্ব সম্পন্ন (হীরক অধাতু হলেও খুবই শক্ত গঠনের হয়ে থাকে)।
(6) ধাতুগুলি প্রসারণশীল এবং ঘাতসহ, এদের পিটিয়ে খুব পাতলা পাতে পরিণত করা যায়, ধাতুগুলি থেকে সরু তার টানা যায়। (এক আউন্স সোনা পিটিয়ে 0·000002 মি.মি. বেধ বিশিষ্ট 189 বর্গফুট পাত প্রস্তুত করা যায়। 1 গ্রাম সোনা থেকে 3240 মিটার তার টানা যায়। কয়েকটি মৌল অবশ্য ধাতু হলেও ভঙ্গুর, যেমন অ্যান্টিমনি এবং বিসমাথ—এদের পেটালে চূর্ণ হয়ে যায়)।	(6) অধাতুগুলি প্রসারণশীল এবং ঘাতসহ নয়, এরা ভঙ্গুর প্রকৃতির।

ধাতু	অধাতু
(7) হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করলে ধাতুগুলি থেকে এক ধরনের বিচিত্র শব্দ উত্থিত হয়, যে শব্দকে ধাতব শব্দ বলা হয়।	(7) অধাতুর ক্ষেত্রে এই ধরনের শব্দ উত্থিত হয় না।
(8) সাধারণত উচ্চ গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন। [ব্যতিক্রম ঃ মার্কারী এবং গ্যালিয়াম নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন (স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে—39°সে. এবং 30°সে.) তরল, ক্ষারীয় ধাতুগুলি নিম্ন গলনাঙ্ক সম্পন্ন কঠিন]।	(8) সাধারণত নিম্ন গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন। [ব্যতিক্রম ঃ বোরন, কার্বন, সিলিকন অধাতু হলেও উচ্চ গলনাঙ্ক সম্পন্ন]
(9) অনেক ধাতুই লঘু অজারক অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে। (সকল ধাতুই অবশ্য এইভাবে বিক্রিয়া করে না, তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুসমূহই কেবল লঘু অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম)	(9) অধাতু সাধারণত লঘু অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না এবং অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করতে পারে না।
(10) ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণত ক্ষারকীয় (কয়েকটি ধাতুর অক্সাইড অবশ্য উভধর্মী, যেমন ZnO, Al_2O_3, SnO_2 ; কয়েকটি ধাতুর উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থায় অক্সাইড আম্লিকও হতে পারে, যেমন CrO_3, Mn_2O_7 ইত্যাদি)।	(10) অধাতব অক্সাইডসমূহ সাধারণত আম্লিক (কয়েকটি অধাতব অক্সাইড প্রশমও হতে পারে)।
(11) ধাতব ক্লোরাইডসমূহ সাধারণত জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না, বা হলেও আংশিক ভাবে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।	(11) অধাতব ক্লোরাইডসমূহ অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সম্পূর্ণত আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে থাকে।

একটি বিষয় বিশেষ ভাবে উল্লেখের অপেক্ষা রাখে—তা হল অনেক ধাতুই যেমন সকল আদর্শ ধাতব ধর্ম সম্পন্ন হয় না, তেমনি অনেক অধাতুর মধ্যেও কিছু ধাতব ধর্ম সৃষ্ট হতে পারে। আবার কিছু কিছু এমন মৌলও আছে যাদের মধ্যে ধাতব এবং অধাতব দুই ধরনের ধর্মই পরিদৃষ্ট হতে পারে—এই মৌলগুলিকে বলা হয় **ধাতু-কল্প** (metalloid)। বোরন, সিলিকন, জারমেনিয়াম, আরসেনিক, অ্যান্টিমনি, টেলুরিয়াম এবং অ্যাসটাটাইন এই ধরনের মৌল। 103টি স্বীকৃত মৌলের মধ্যে 79টিকে ধাতু, 7টিকে ধাতু-কল্প এবং 17টিকে অধাতু রূপে শ্রেণীভুক্ত করা চলে।

I. ধাতব বন্ধনী (Metallic bond) ঃ ধাতুসমূহের স্বকীয় বৈশিষ্ট্যপূর্ণ কয়েকটি ধর্ম, যেমন উচ্চ তড়িৎ-পরিবাহিতা, উচ্চ তাপ-পরিবাহিতা, ধাতব-দ্যুতি—এসব থেকেই ধাতব কেলাসে গতিশীল ইলেকট্রনসমূহের উপস্থিতি অনুমিত হয়। এসব ধর্মাবলী ছাড়াও ধাতুসমূহ তীব্র উত্তাপের প্রভাবে বা উপযুক্ত শক্তির আলোক প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত করে। এ থেকেও ধাতব কেলাসে গতিশীল ইলেকট্রনসমূহের অবস্থিতির প্রমাণ মেলে। অধাতব মৌলসমূহের সঙ্গে বিক্রিয়াকালে ধাতব পরমাণু ক্যাটায়ন গঠন করে, ধাতব মৌলের আয়নীকরণ-বিভবের মান নিম্ন হওয়ায় ধাতব মৌলের পরমাণু সহজেই ক্যাটায়ন গঠন করে, অর্থাৎ ধাতব কেলাসস্থিত ধাতব মৌলের

পরমাণু থেকে ইলেকট্রন নির্গমন সহজসাধ্য। এ সবকিছু থেকেই একই সিদ্ধান্তে উপনীত হতে হয়—অর্থাৎ ধাতব কেলাসে প্রচুর সংখ্যক গতিশীল, তুলনামূলকভাবে মুক্ত ইলেকট্রন বর্তমান।

এখন, যেহেতু ধাতব কেলাসস্থিত সকল ধাতব পরমাণুগুলিই অনুরূপ সুতরাং একটি পরমাণু থেকে অপর পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হবার বিষয়টি যুক্তিগ্রাহ্য নয়—অর্থাৎ, ধাতব পরমাণুসমূহের মধ্যেকার বন্ধন-শক্তি নিশ্চয় আয়নীয় বন্ধনী হতে পারে না। অপরপক্ষে, ধাতব পরমাণুসমূহের মধ্যে সমযোজী বন্ধনী গঠনের সম্ভাবনাও খুবই কম, কারণ ধাতব পরমাণুর যোজন-ইলেকট্রনের সংখ্যা খুব বেশী না হওয়ায় সমযোজী বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে ইলেকট্রন-অষ্টক পূর্ণ করণ সম্ভব নয়। তাছাড়া স্থবির ইলেকট্রন-জোড় বন্ধনীর অস্তিত্ব স্বীকার করে নিলে, গতিশীল ইলেকট্রনসমূহের অবস্থিতির কারণ নির্দেশ করা যায় না। তাই ধাতব কেলাসে এবং সংকর ধাতুর কেলাসেও ধাতব পরমাণুসমূহের মধ্যে যে বন্ধনীর কথা বলা হয়েছে তা আয়নীয় নয়, সমযোজীও নয়। আয়নীয় বন্ধনী এবং সমযোজী বন্ধনীর মাঝামাঝি এক ধরনের বন্ধনী যাকে বলা হয়েছে **ধাতব বন্ধনী**। (ধাতব বন্ধনীর প্রকৃতি ভ্যানডার ওয়ালস্ বলসমূহের অনুরূপও নয়। কারণ ধাতব বন্ধনী যথেষ্ট শক্তিশালী অপরপক্ষে ভ্যানডার ওয়াল্স বলসমূহ খুবই দুর্বল প্রকৃতির)।

ধাতব বন্ধনী গঠন সম্পর্কিত বহুতর তত্ত্ব বর্তমান। এই ধরনের একটি সরল তত্ত্ব হল ইলেকট্রন-সমুদ্র মডেল **(Electron-sea model of the metallic bond)**। এই তত্ত্ব অনুযায়ী ঃ ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুসমূহ থেকে যোজন-ইলেকট্রনগুলি পরিত্যক্ত হবার পর ঐ ইলেকট্রনগুলি কোনও বিশেষ দুটি ধাতব আয়নের মধ্যে স্থিরভাবে থাকে না—ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুসমূহের ঘনসংবদ্ধ অবস্থানের জন্য ঐ ইলেকট্রনগুলি প্রতিবেশী পরমাণু বা আয়নগুলির সাধারণ সম্পত্তিরূপে গণ্য হতে পারে—ইলেকট্রনগুলি কোনও বিশেষ স্থানে সীমাবদ্ধ না থেকে সমগ্র কেলাস কাঠামোতে ছড়িয়ে থাকে—যোজন ইলেকট্রনগুলি তাই সমগ্র কেলাস কাঠামোতে মুক্ত বিচরণশীল অবস্থাতে বর্তমান থাকতে পারে। সমগ্র কেলাস কাঠামোতে ছড়িয়ে থাকা গতিশীল ইলেকট্রনগুলি কেলাসে বর্তমান প্রতিবেশী ধাতব আয়নগুলির মধ্যেকার বন্ধনী শক্তির জন্য দায়ী। ধাতব বন্ধনীর এই মডেলকে ইলেকট্রন-সমুদ্র মডেল বলা হয়—যোজন-ইলেকট্রনগুলির সমুদ্রে ধাতব আয়নগুলি যেন নিমজ্জিত।

এই মডেলের সাহায্যে অনেক ধাতব-ধর্মের ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব। ধাতব কেলাসে তড়িৎ প্রবাহিত করলে হাল্কা ভাবে সংলগ্ন ইলেকট্রনগুলি কেলাস কাঠামোর মধ্য দিয়ে বিচরণ করতে পারে। এইভাবে এরা তড়িৎ-পরিবহণ করতে সক্ষম হয়। ধাতব পরিবাহীর ইলেকট্রনীয় পরিবাহিতা তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নীয় পরিবাহিতা থেকে পৃথক ধরনের। ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে মুক্ত ইলেকট্রনগুলি তড়িৎ পরিবহণে অংশ নেয়। অপরপক্ষে গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে তড়িৎ পরিবহণের জন্য দায়ী হল আয়নগুলি (প্রথম খণ্ডের অষ্টম অধ্যায় দ্রষ্টব্য)। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়ালে তড়িৎ-পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়ালে তড়িৎ-পরিবাহিতা সাধারণত হ্রাস পায়। [পরম শূন্যের **(Absolute zero)** কাছাকাছি তাপমাত্রায় ধাতব পরিবাহীর পরিবাহিতা দারুণ বৃদ্ধি পায়—ধাতুগুলি অতি-পরিবাহী **(Superconductor)** রূপে ক্রিয়া করতে সমর্থ হয়।]

ধাতুগুলির উচ্চ তাপ-পরিবাহিতাও ধাতব বন্ধনীর ইলেকট্রন-সমুদ্র মডেলের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। ধাতুর কোনও একটি বিন্দুতে তাপমাত্রা উচ্চ হলে সেখানকার ধাতব পরমাণুগুলি অন্যান্য বিন্দুস্থিত পরমাণুগুলির তুলনায় উচ্চতর গতীয় শক্তি সম্পন্ন হয়ে পড়ে। এই পরমাণুগুলি সেক্ষেত্রে তাদের গতীয় শক্তির কিছুটা মুক্ত ইলেকট্রনগুলিতে স্থানান্তরিত করে। এই ইলেকট্রনগুলি আবার ধাতব কেলাসের অন্যান্য বিন্দুস্থিত পরমাণুগুলিকে ঐ গতীয় শক্তির কিছুটা সঞ্চারিত করে—এইভাবে সমগ্র ধাতুতে তাপ পরিবাহিত হয়।

ধাতব পরমাণু থেকে উপযুক্ত শক্তি সম্পন্ন আলোক প্রভাবে বা তাপ প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত হবার বিষয়টির ব্যাখ্যাও খুঁজে পাওয়া যেতে পারে এইভাবে ঃ ধাতব কেলাসে মুক্ত গতিশীল

ইলেকট্রনগুলি হালকাভাবে ধাতব পরমাণুগুলির (বা আয়নগুলির) সঙ্গে সংলগ্ন থাকায় উপযুক্ত তাপ বা উপযুক্ত কম্পাঙ্কের (frequency) আলোক প্রভাবে ঐ ইলেকট্রনগুলির দু-একটি সহজেই কেলাস থেকে নির্গত হতে পারে।

এইভাবে ধাতব-দ্যুতি, ধাতুসমূহের নমনীয়তা এবং প্রসারণশীলতা এসব ধর্মেরও ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব।

উপযুক্ত তাপ বা আলোকের প্রভাবে হালকাভাবে সংলগ্ন ইলেকট্রনগুলি উত্তেজিত হয়ে সহজেই উচ্চতর শক্তির স্তরে উন্নীত হতে পারে এবং সঙ্গে সঙ্গেই নিম্নতর শক্তির স্তরে ঐ ইলেকট্রনগুলি অবতরণ করার সময় আলোকরশ্মি রূপে শক্তি নির্গত করে—কাজেই ধাতুসমূহ ধাতব-দ্যুতি সম্পন্ন হয়ে থাকে।

ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুর একটি স্তর অপর একটি স্তরের উপর দিয়ে পিছলে গেলেও (slips) সামগ্রিকভাবে গঠনভঙ্গির মৌলিক কোন পরিবর্তন হয় না—ফলে ধাতুগুলি সাধারণত ভঙ্গুর প্রকৃতির নয় এবং উচ্চ ঘাতসহ এবং প্রসারণশীল হয়ে থাকে (বন্ধীয় শক্তির জন্য দায়ী ইলেকট্রনগুলি বিশেষ দুটি ধাতব পরমাণু বা আয়নের মধ্যে সীমাবদ্ধ না থেকে কেলাস কাঠামোতে সামগ্রিকভাবে ছড়িয়ে থাকার জন্যই এটি সম্ভব হয়।)

ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুসমূহের মধ্যেকার ধাতব বন্ধনী যথেষ্ট শক্তিশালী হবার দরুন ধাতব পরমাণুগুলি নিবিড়ভাবে পরস্পরে আবদ্ধ থাকে, অর্থাৎ স্বল্প আয়তনে প্রচুর সংখ্যক ধাতব পরমাণু বর্তমান থাকে—ফলে সাধারণত ধাতুগুলি উচ্চ ঘনত্ব সম্পন্ন হয়ে থাকে।

● ধাতুসমূহের ধর্মাবলী সম্পর্কিত আরও কিছু আলোচনা :

ধাতু-অধাতুর তুলনামূলক আলোচনা প্রসঙ্গে ধাতুসমূহের ধর্মাবলীর উল্লেখ আগেই করা হয়েছে। ধাতুসমূহের ধর্মাবলী প্রসঙ্গে আরও কিছু আবশ্যিক আলোচনা এখানে করা হল :

ক্ষারীয় ধাতু (alkali metals) যেমন Li, Na, K, Cs প্রভৃতির পরমাণু ব্যাসার্ধ বড় হওয়ায় এদের পারমাণবিক আয়তনও বড় হয়, ফলে এদের ঘনত্ব কম হয়। এই ধাতুগুলির সর্ববহিস্থ কক্ষে একটিমাত্র ইলেকট্রন থাকে। এই ধাতুগুলির কেলাসে যে পরমাণুগুলি থাকে, যোজ্যতা কক্ষের একটি মাত্র ইলেকট্রন এই পরমাণুগুলিকে দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ করে রাখতে পারে না সেইজন্য ক্ষারীয় ধাতুগুলি নরম, এদের ছুরি দিয়ে কাটা যায়, এদের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কও অন্যান্য ধাতু অপেক্ষা কম। সন্ধিতগত ধাতু যেমন Fe, Co, Ni প্রভৃতির ক্ষেত্রে দেখা যায় এদের সর্ববহিস্থ কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা অর্থাৎ যোজন-ইলেকট্রন সংখ্যা বেশী তাই এই সব ধাতুর কেলাসের মধ্যে পরমাণুগুলির মধ্যে বেশী সংখ্যক যোজন ইলেকট্রন ছড়িয়ে পড়ে তীব্র বন্ধনের সৃষ্টি করে, ফলে এই ধাতুগুলি শক্ত হয় এবং এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ।

সকল ধাতুই বাষ্পীয় অবস্থায় এক পরমাণুক (mono atomic)।

II. রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : ধাতুসমূহের প্রধান ধর্ম এরা সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রন বা যোজন-ইলেকট্রন ত্যাগ করে পরাধর্মী আয়ন সৃষ্টি করে। আদর্শ ধাতু (typical metals) কখনও ইলেকট্রন গ্রহণ করে না, এরা সব সময়ই ইলেকট্রন ত্যাগ করে পরাধর্মী আয়ন উৎপন্ন করে। এই কারণে ইলেকট্রন গ্রহণের ক্ষমতা অনুযায়ী ধাতুসমূহকে তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল এবং অধাতুসমূহকে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলরূপে চিহ্নিত করা হয়।

ধাতুগুলি অতি সহজে জারক দ্রব্যকে ইলেকট্রন দান করে, তাই এরা **বিজারক দ্রব্য** রূপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রবণতার জন্য ক্ষারীয় ধাতুসমূহ তীব্র বিজারক পদার্থ কিন্তু সোনা, রূপা, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি ধাতু সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ না করার জন্য এরা মৃদু বিজারক পদার্থ। যে ধাতু যত দ্রুত ইলেকট্রন ত্যাগ করে সেই ধাতু তত বেশী সক্রিয়। ধাতুগুলির সক্রিয়তা ও বিজারণ ধর্মের ক্রম অনুযায়ী ধাতুগুলিকে একটি শ্রেণীতে (পৃঃ 16) সাজান হয় যার নাম তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী (প্রথম ভাগের চতুর্থ অধ্যায় দ্রষ্টব্য)। এই শ্রেণীতে

হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুসমূহ জল থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করে। এই ধাতুগুলির মধ্যে অনেকে যেমন Li, Na, K, Ca প্রভৃতি সাধারণ তাপমাত্রায় জল থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করে। $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$

H_2-এর উপরে অবস্থিত অন্যান্য ধাতু যেমন Mg, Zn, 1000°সে. তাপমাত্রায় এবং লোহা, কোবাল্ট, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি লোহিত তপ্ত অবস্থায় স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন করে। H_2-এর নীচে অবস্থিত ধাতুসমূহ জল থেকে H_2 উৎপন্ন করে না।

অপেক্ষাকৃত বেশী সক্রিয় ধাতু কম সক্রিয় ধাতুকে তাদের লবণের দ্রবণ থেকে মুক্ত করে। যেমন, এক টুকরা জিংক কপার সালফেট দ্রবণে নিক্ষেপ করলে, জিংক দ্রবীভূত হয় (জিংক সালফেট রূপে) এবং কপার দ্রবণ থেকে মুক্ত হয়। $CuSO_4 + Zn \rightleftharpoons Cu\downarrow + ZnSO_4$; আয়নীয় সমীকরণটি এইরূপ : $Zn + Cu^{2+} \rightleftharpoons Zn^{2+} + Cu\downarrow$

সুতরাং এটি একটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া, জিংক বেশী সক্রিয় হওয়ার জন্য এটি কিউপ্রিক আয়নকে ইলেকট্রন দান করে—ফলে কিউপ্রিক আয়ন নিস্তড়িৎ হয়ে ধাতুরূপে মুক্ত হয়।

সাধারণ তাপমাত্রায় ক্ষারীয় এবং ক্ষারীয় মৃত্তিক-ধাতুসমূহ অক্সিজেনের সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া করে। অন্যান্য ধাতু যেমন কপার, লেড, টিন, লোহা, ক্রোমিয়াম ধীরে ধীরে অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। গোল্ড বা প্লাটিনাম অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

ধাতব অক্সাইডসমূহ সাধারণত ক্ষারকীয়, অনেক ধাতব অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষার উৎপন্ন করে। যেমন, $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$; $Na_2O + H_2O = 2NaOH$, Al এবং Zn সোডিয়াম বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Zn + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2\uparrow \; ; \; 2Al + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2\uparrow$$

জলীয় দ্রবণে ধাতব আয়নসমূহ সাধারণ আয়ন হিসেবে থাকে না, জল অণুর সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে, যেমন জিংক, জলে $[Zn(H_2O)_4]^{2+}$ এই জটিল আয়নরূপে থাকে, সাধারণ Zn^{2+} রূপে থাকে না। অনেক ধাতু জটিল আয়ন গঠন করে যেমন সিলভার ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া দ্রবণে $[Ag(NH_3)_2]^+$ গঠন করে। লোহ, কোবাল্ট, নিকেল, প্লাটিনাম, কপার প্রভৃতি ধাতু জটিল আয়ন গঠন করে।

ধাতুসমূহ হ্যালোজেনের সঙ্গে সরাসরি বা হ্যালোজেন অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর, ধাতব অক্সাইডের বা ধাতব হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় ধাতব হ্যালাইড উৎপন্ন করে। ধাতু যত বেশী সক্রিয় হবে হ্যালোজেনের সঙ্গে তত তীব্রতার সঙ্গে বিক্রিয়া করবে। ধাতব হ্যালাইডসমূহ সুস্থিত যৌগ কয়েকটি ধাতব হ্যালাইড জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায় :

$$BiCl_3 + H_2O = BiOCl + 2HCl$$

প্রশ্ন : 2.1 স্বীকৃত 103টি মৌলের মধ্যে কয়টিকে ধাতু, কয়টিকে ধাতু-কল্প এবং কয়টিকে অধাতুরূপে গণ্য করা চলে ?

2.2 কি ধরনের মৌলকে ধাতুকল্প বলে ?

2.3 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক এবং কোন্‌টি ঠিক নয় ?

(i) সাধারণত ধাতুসমূহ তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী, (ii) সবকটি ধাতুই কঠিন, (iii) কোন অধাতুই তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী নয়, (iv) অধিকাংশ অধাতব অক্সাইড আম্লিক, (v) নিম্ন গলনাংক এবং নিম্ন স্ফুটনাংক সম্পন্ন কোন ধাতু পাওয়া যায় না, (vi) ধাতব অক্সাইড ক্ষারকীয় ব্যতীত হতেই পারে না, (vii) ধাতব বন্ধনীর প্রকৃতি আয়নীয়ও নয়, সমযোজীও নয়।

2.4 সাধারণ তাপমাত্রায় তরল এরূপ একটি ধাতুর নাম কর।

2.5 গ্রীষ্মকালে কলকাতার গড় তাপমাত্রা 35° সে.। গ্রীষ্মকালে এখানে তরল অবস্থায় পাওয়া যায় এমন দুটি ধাতুর নাম করতে পার ?

2.6 সাধারণ অবস্থায় তরল এমন একটি অধাতুর নাম কর।

2.7 ধাতুগুলি যে তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী হয় সে সম্পর্কে ব্যাখ্যা দাও ?

2.8 ধাতুগুলি সাধারণত উচ্চ ঘনত্বসম্পন্ন হয়ে থাকে—এ বিষয়টি কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ?

2.9 ধাতুসমূহ ধাতব-দ্যুতি সম্পন্ন হয় কেন ?

2.10 নিম্নঘনত্ব সম্পন্ন—এমন কয়েকটি ধাতুর নাম কর। এদের ঘনত্ব কম হবার কারণ কি ?

2.11 জলদ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এমন দু-একটি ধাতব ক্লোরাইডের উদাহরণ দাও।

2.12 সকল ধাতুই কি লঘু অজারক অ্যাসিডের দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে ?

2.13 এমন কোন ধাতু আছে কি যেটি ভঙ্গুর প্রকৃতির ?

2·14 জলের সঙ্গে নীচের ধাতুগুলির কিভাবে এবং কি শর্তে বিক্রিয়া হয় ?
(i) সোডিয়াম, (ii) ক্যালসিয়াম, (iii) আয়রন, (iv) কপার, (v) অ্যালুমিনিয়াম।

2.15 ক্ষারীয় ধাতুগুলি নরম হবার কারণ কি ?

2.16 ধাতব বন্ধনী বলতে কি বোঝ ?

2.17 কোন্ তাপমাত্রায় ধাতু অতি পরিবাহী হয় ?

2.18 ক্ষারীয় ধাতু নরম এবং সন্ধিগত ধাতুগুলি কঠিন হওয়ার কারণ কি ?

2.19 ধাতুসমূহকে তড়িৎ-ধনাত্মক এবং অধাতুসমূহকে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বলা হয় কেন ?

2.20 Na, K, প্রভৃতি তীব্র বিজারক পদার্থ, কিন্তু Cu, Ag, Au মৃদু বিজারক পদার্থ কেন ?

2.21 ধাতব জিংক, কপার সালফেট দ্রবণ থেকে কপার মুক্ত করে, কারণ কি ?

2A. সোডিয়াম (Sodium)

প্রতীক চিহ্ন Na	পারমাণবিক ওজন 22·99
পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 11,	যোজ্যতা 1
ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$,	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান : IA

হ্যামফ্রে ডেভি প্রথম আবিষ্কার করেন (1807)

2A.1 ধর্ম (Properties)

ভৌতধর্ম (Physical properties) : (i) সোডিয়াম রূপালী বর্ণের চকচকে মোমের মত নরম, ছুরি দিয়ে কাটা যায়, (ii) জল অপেক্ষা হাল্কা ধাতু (ঘনত্ব 0·97), (iii) গলনাঙ্ক 98° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 883° সে., (iv) এটি তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী, (v) চাপের প্রভাবে সরু ছিদ্র দিয়ে প্রবাহিত করে তারের মত আকারে রূপান্তরিত করা যায়, (vi) গ্যাসীয় অবস্থায় ইহা এক-পারমাণবিক অণু, সোডিয়াম বাষ্পের বর্ণ নীলাভ সবুজ। এর বাষ্প শিখার সংস্পর্শে বা তড়িৎ-মোক্ষণ নলে তড়িৎ-ক্ষরণের ফলে সোনালী-হলুদ (golden-yellow) প্রভার সৃষ্টি করে, (vii) পারদের মধ্যে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে পারদ সংকর উৎপন্ন করে, (viii) তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয়ে নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং দ্রাবক ও দ্রাবের মধ্যে বিক্রিয়ায় সোডামাইড ($NaNH_2$) উৎপন্ন হওয়ার ফলে দ্রবণের বর্ণ ধীরে ধীরে ফিকে হয়ে যায়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : সোডিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু, অধিকাংশ মৌলের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়।

(i) বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া : সম্পূর্ণ শুষ্ক বায়ু বা অক্সিজেনের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়া হয় না। আর্দ্র বাতাসের সংস্পর্শে ধাতব সোডিয়ামের উপরে সোডিয়াম মনোক্সাইডের আস্তরণ পড়ে। সেজন্য ছুরি দিয়ে সোডিয়াম কাটার সময় চকচকে দেখায় কিন্তু একটু পরেই ঐ চকচকে তলে সোডিয়াম মনোক্সাইডের আস্তরণ পড়ার ফলে চকচকে ভাব নষ্ট হয়। জলীয় বাষ্পের সঙ্গে ঐ

সোডিয়াম অক্সাইড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং পরে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বাতাসের CO_2 শোষণ করে কার্বনেটে পরিণত হয়।

$$4Na + O_2 = 2Na_2O \;; \quad Na_2O + H_2O = 2NaOH$$
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

(ii) বায়ু বা অক্সিজেনে দহন : বায়ু বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম উজ্জ্বল হলুদ শিখায় জ্বলে এবং সোডিয়াম মনোক্সাইড ও সোডিয়াম পারঅক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় :

$$4Na + O_2 = 2Na_2O \;; \quad 2Na + O_2 = Na_2O_2$$

(iii) হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া : হাইড্রোজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে (তাপমাত্রা 300°সে.) সোডিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। এই যৌগে হাইড্রোজেন, হাইড্রাইড আয়ন (H^-) হিসেবে থাকে।

$$2Na + H_2 = 2NaH$$

সোডিয়াম হাইড্রাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2\uparrow$$

(iv) হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া : সম্পূর্ণ শুষ্ক ক্লোরিনের সঙ্গে সোডিয়াম বিক্রিয়া করে না কিন্তু আর্দ্র ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

ব্রোমিন ও আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সোডিয়াম ব্রোমাইড ও আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

(v) হাইড্রোজেন যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া : সোডিয়াম ধাতু হাইড্রোজেন যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। সোডিয়াম জলের সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে (জলের সংস্পর্শে ধাতু জ্বলে ওঠে) দ্রবণে কস্টিক সোডা উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow \text{ (সাধারণ তাপমাত্রায়)}$$
$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2\uparrow$$

বিক্রিয়া সাধারণ তাপমাত্রায় ঘটে। ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ইথোক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$2Na + 2C_2H_5OH = \underset{\text{সোডিয়াম ইথোক্সাইড}}{2C_2H_5ONa} + H_2\uparrow \text{ (সাধারণ তাপমাত্রায়)}$$
$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2\uparrow$$

শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসের সঙ্গে 300°—400° সে. তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার ফলে সোডামাইড গঠিত হয়, হাইড্রোজেন গ্যাস যথারীতি উদ্ভূত হয়। (জলমুক্ত তরল অ্যামোনিয়াতে সোডিয়াম দ্রবীভূত হয়ে নীল দ্রবণ উৎপন্ন করে, দ্রবণটি তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম এবং দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে শুকিয়ে ফেললে ধাতব সোডিয়াম অপরিবর্তিত অবস্থাতেই পাওয়া যায়। দ্রাবকায়িত মুক্ত ইলেকট্রন ঐ নীলবর্ণ গঠনের জন্য দায়ী বলে ভাবা হয়ে থাকে)।

(vi) বিজারণ বিক্রিয়া : সোডিয়াম, ধাতু বা ধাতুকল্পের অক্সাইড বা ক্লোরাইড থেকে ধাতু মুক্ত করে। ইহা বোরিক অক্সাইড থেকে বোরন মুক্ত করে, Al_2O_3 থেকে Al মুক্ত করে।

$$B_2O_3 + 6Na = 3Na_2O + 2B$$
$$Al_2O_3 + 6Na = 3Na_2O + 2Al$$

অনেক ধাতব ক্লোরাইডকে বিজারিত করে ধাতু উৎপন্ন করে। বেরিলিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড থেকে এই ধাতুগুলি মুক্ত করে।

$$BeCl_2 + 2Na = Be + 2NaCl \;; \quad MgCl_2 + 2Na = Mg + 2NaCl$$
$$AlCl_3 + 3Na = Al + 3NaCl$$

(vii) সোডিয়াম কার্বন ডাই-অক্সাইডে দহনের ফলে সোডিয়াম কার্বনেট ও কার্বন উৎপন্ন করে ঃ $3CO_2 + 4Na = 2Na_2CO_3 + C$

(viii) **সালফার ও ফসফরাসের সঙ্গে ঃ** তপ্ত সোডিয়াম, সালফার বাষ্প এবং ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সোডিয়াম সালফাইড ও সোডিয়াম ফসফাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2Na + S = Na_2S ; \quad 3Na + P = Na_3P$$

2A.2 ব্যবহার (Uses)

(i) সোডিয়াম পারঅক্সাইড, সোডিয়াম সায়ানাইড, সোডামাইড, টেট্রাইথাইল লেড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) সোডিয়াম বাষ্প বাতিতে (Sodium vapour lamp) ধাতব সোডিয়াম ব্যবহার করা হয়। কুয়াশার মধ্যে স্বচ্ছভাবে দেখার জন্য এই বাতি ব্যবহৃত হয়।

(iii) সোডিয়াম-পটাসিয়াম সংকর ধাতু একটি তরল পদার্থ, এটি উচ্চ উষ্ণতা মাপার থার্মোমিটার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) কতকগুলি ধাতু যেমন জারকোনিয়াম (Zr), টাইটেনিয়াম (Ti), অ্যালুমিনিয়াম (Al), ম্যাগনেশিয়াম (Mg) প্রভৃতি নিষ্কাশনে ধাতব সোডিয়াম বিজারক হিসেবে কাজ করে। B_2O_3, SiO_2 থেকে B এবং Si প্রস্তুতিতে Na বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(v) সোডিয়াম-পারদ সংকর শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য হিসেবে জৈব রসায়নে ব্যবহৃত হয়।

(vi) কৃত্রিম রবার ও নীল (Indigo) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(vii) জৈব যৌগে উপস্থিত বিশেষ মৌলের (N, S, Cl, Br, I, P প্রভৃতির) উপস্থিতি নির্ণয়ে পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়।

(viii) জৈব রসায়নের বহু বিক্রিয়া Na দ্বারা সংঘঠিত করা হয় এবং বহু জৈব দ্রাবক যথা, বেনজিন, ইথার প্রভৃতি সম্পূর্ণরূপে জল-মুক্ত করতে Na ব্যবহৃত হয়।

2A.3 সোডিয়ামের অক্সাইডসমূহ (Oxides of Sodium)

সোডিয়ামের দুটি অক্সাইড, যথা—(1) সোডিয়াম মনোক্সাইড (Na_2O) এবং (2) সোডিয়াম পারঅক্সাইড (Na_2O_2)।

1. সোডিয়াম মনোক্সাইড (Sodium monoxide) :

প্রস্তুতি (Preparation) ঃ (i) পরিমিত পরিমাণ বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ধাতব সোডিয়ামকে 180° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সোডিয়াম মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। উদ্বৃত্ত বা অপরিবর্তিত সোডিয়ামকে অনুপ্রেষ পাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করা হয়।

$$4Na + O_2 = 2Na_2O$$

(ii) সোডিয়াম পারঅক্সাইড, সোডিয়াম নাইট্রেট বা নাইট্রাইট সোডিয়ামের সঙ্গে উত্তপ্ত করে সোডিয়াম মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$Na_2O_2 + 2Na = 2Na_2O ; \quad 2Na_2NO_3 + 10Na = 6Na_2O + N_2\uparrow$$

$$2NaNO_2 + 6Na = 4Na_2O + N_2\uparrow$$

(iii) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় Na_2O প্রস্তুত হয়।

$$2NaOH + 2Na = 2Na_2O + H_2\uparrow$$

ধর্ম (Properties) ঃ সোডিয়াম মনোক্সাইড অনিয়তাকার জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। এটি ক্ষারকীয় অক্সাইড, জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

সোডিয়াম মনোক্সাইডকে 400°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম পারঅক্সাইড ও ধাতব সোডিয়াম উৎপন্ন হয় ঃ

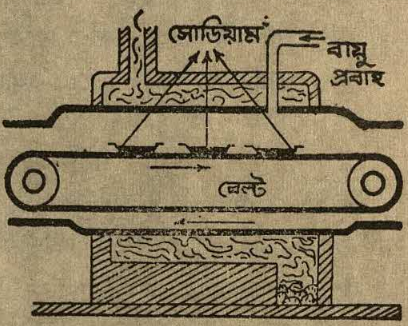
$$2Na_2O \xrightarrow{400^\circ\text{সে.}} Na_2O_2 + 2Na$$

2. সোডিয়াম পারঅক্সাইড (Sodium peroxide) :

(i) ধাতব সোডিয়ামকে অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে 300°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম পারঅক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$2Na + O_2 = Na_2O_2$$

(ii) সোডিয়াম পারঅক্সাইডের বাণিজ্যিক উৎপাদনের জন্য ধাতব সোডিয়ামের পাতলা পাতলা টুকরা অ্যালুমিনিয়াম থালা বা ট্রের উপর নেওয়া হয়। ট্রেগুলিকে লোহার নলের ভিতরে রক্ষিত যন্ত্র চালিত বেল্টের উপর রাখা হয় (চিত্র 2.1)। এখন CO_2 মুক্ত শুষ্ক বায়ু নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হয় এবং ট্রেগুলিকে বায়ুপ্রবাহের বিপরীত দিকে চালনা করে 300—400° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। এই বিক্রিয়া তাপদায়ী বিক্রিয়া হওয়ার জন্য শুধু বিক্রিয়ার শুরুতেই তাপ দেবার প্রয়োজন হয়। এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত সোডিয়াম পারঅক্সাইড 95% বিশুদ্ধ।



চিত্র 2.1 : সোডিয়াম পারঅক্সাইড প্রস্তুতি।

ধর্ম (Properties) : (i) সোডিয়াম পারঅক্সাইড ঈষৎ হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ। বায়ুতে রেখে দিলে সাদা হয়ে যায়, কারণ বায়ুর জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এর উপরিতলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম কার্বনেটের আস্তরণ পড়ে, শুষ্ক বায়ুতে অবশ্য এটি স্থিতিশীল।

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$$
$$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2\uparrow$$

হিমশীতল জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন হয়।

$$Na_2O_2 + 2H_2O = 2NaOH + H_2O_2$$

(ii) হিমশীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 এবং সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় কিন্তু উষ্ণ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সিজেন ও সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4\ (\text{শীতল}) = Na_2SO_4 + H_2O_2$$
$$2Na_2O_2 + 2H_2SO_4\ (\text{উষ্ণ}) = 2Na_2SO_4 + O_2\uparrow + 2H_2O$$

(iii) **সোডিয়াম পারঅক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ** (Oxidising agent) : ইহা ক্রোমিক অক্সাইডকে (সবুজ) ক্রোমেট লবণে (হলুদ) জারিত করে, ম্যাঙ্গানিজ লবণকে (সাধারণত পিংক) ম্যাঙ্গানেটে (সবুজ) জারিত করে।

$$2Cr_2O_3 + 4Na_2O_2 + O_2 = 4Na_2CrO_4$$
$$2Mn(OH)_2 + 4N_2O_2 = 2Na_2MnO_4 + 4NaOH$$

সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ জারে সোডিয়াম পারঅক্সাইড যোগ করলে তাপ ও আলো উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফেট প্রস্তুত হয় :

$$Na_2O_2 + SO_2 = Na_2SO_4$$

চারকোলের সঙ্গে 300—400°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে চারকোল সোডিয়াম কার্বনেটে জারিত হয়।

$$3Na_2O_2 + 2C = 2Na_2CO_3 + 2Na$$

নাইট্রাস অক্সাইড বা নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম নাইট্রাইট উৎপন্ন হয় :

$$Na_2O_2 + 2N_2O = 2NaNO_2 + N_2\uparrow; \quad Na_2O_2 + 2NO = 2NaNO_2$$

সহজ দাহ্য পদার্থ যেমন কাঠের গুঁড়া, তুলা, খড়, অ্যালুমিনিয়াম-রজ, সোডিয়াম পারঅক্সাইডের সঙ্গে বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া করে জ্বলে ওঠে। গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথার, নাইট্রোবেনজিন, সোডিয়াম পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে বিস্ফোরণের আকারে জ্বলে ওঠে।

ব্যবহার (Uses) : (i) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্নে এবং সাধারণ তাপমাত্রায় পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে সোডিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(ii) সিল্ক, উল প্রভৃতি বস্তুর বিরঞ্জনে সোডিয়াম পারঅক্সাইড দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।

(iii) সোডিয়াম পারঅক্সাইডের একটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার হচ্ছে শ্বাসকার্যের যন্ত্রে, এই ব্যবহার নির্ভর করে CO_2 ও Na_2O_2-এর বিক্রিয়ায় O_2 মুক্ত হওয়া।

$$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2\uparrow$$

এইরূপ শ্বাসকার্যের যন্ত্র ডুবুরী ও দমকল কর্মীরা ব্যবহার করেন। ডুবজাহাজ, হাসপাতাল প্রভৃতি জায়গার বায়ু বিশুদ্ধ করতে ব্যবহার করা হয়।

(iv) রসায়নাগারে জারক দ্রব্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

2A.4 সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কস্টিক সোডা (Sodium hydroxide or Caustic soda)

প্রস্তুতি (Preparation) : (a) ধাতব সোডিয়াম, সোডিয়াম মনোক্সাইড বা সোডিয়াম পারঅক্সাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। এই দ্রবণকে পরিস্রাবণ করে পরিস্রুতকে বাষ্পীভূত করে কঠিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2; \quad Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

এই পদ্ধতির বিশেষ মূল্য নেই, কারণ কস্টিক সোডার প্রচুর চাহিদার তুলনায় এর উৎপাদন ক্ষমতা কম। সেজন্য বৃহদায়তন পদ্ধতিতে যথা, (1) **ক্ষারীকরণ পদ্ধতি** ও (2) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুত করা হয়।

(1) **ক্ষারীকরণ পদ্ধতি** (Causticising process) : সোডিয়াম কার্বনেটের (10—20%) দ্রবণ অতিরিক্ত চুন দ্বারা আলোড়িত করে কস্টিক সোডা প্রস্তুত করা হয়। অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও অবিকৃত চুন পরিস্রাবণ করে পৃথক করা হয়। দ্রবণ বাষ্পীভূত করে কেলাসিত করা হয় :

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2; \quad Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3\downarrow$$

কস্টিক সোডার বাণিজ্যিক প্রস্তুতি পরবর্তী অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচিত হয়েছে।

ধর্ম (Properties) :

A. **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) : সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উদগ্রাহী সাদা কঠিন পদার্থ। এর গলনাঙ্ক 318°সে., ঘনত্ব 2·3 গ্রাম/মি.লি., ইহা জলে ও অ্যালকোহলে দ্রাব্য, জলে দ্রবীভূত হওয়ার সময় তাপ উৎপন্ন করে। তীব্র ক্ষারকত্বের জন্য কস্টিক সোডা এবং এর জলীয় দ্রবণ ত্বকের সংস্পর্শে দাহ ও ক্ষতের সৃষ্টি করে।

B. **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) :

(i) বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত হয়।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

(ii) এটি একটি তীব্র ক্ষার, জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ রূপে বিয়োজিত হয় ঃ

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে। ফিনলথ্যালিন দ্রবণকে গোলাপী করে। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O\ ;\quad 2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

(iii) অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া মুক্ত করে।

$$NH_4Cl + NaOH = NH_3 \uparrow + NaCl + H_2O$$

(iv) আম্লিক ও উভধর্মী অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$
$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$
$$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

(v) Zn, Al প্রভৃতি ধাতু (যারা উভধর্মী অক্সাইড উৎপন্ন করে) কস্টিক সোডার গাঢ় তপ্ত দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2 \uparrow$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2 \uparrow$$

(vi) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কতকগুলি ধাতব লবণ ধাতব হাইড্রক্সাইড বা অক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$FeCl_3 + 3NaOH = \underset{\text{(বাদামী)}}{Fe(OH)_3} \downarrow + 3NaCl$$

$$CuSO_4 + 2NaOH = \underset{\text{(নীলাভ-সাদা)}}{Cu(OH)_2} \downarrow + Na_2SO_4$$

$$2AgNO_3 + 2NaOH = \underset{\text{(বাদামী)}}{Ag_2O} \downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$$

$$HgCl_2 + 2NaOH = \underset{\text{(কালো)}}{HgO} \downarrow + 2NaCl + H_2O$$

অ্যালুমিনিয়াম ও জিঙ্কের লবণের সঙ্গে NaOH-এর বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যালুমিনিয়াম ও জিঙ্কের হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, পরে অতিরিক্ত NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ও জিঙ্কেট উৎপন্ন হয়ে দ্রবীভূত হয়।

$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NaCl$$
$$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$$
$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

(vii) (a) শ্বেত ফসফরাসের সঙ্গে উত্তপ্ত গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের বিক্রিয়ায় ফসফিন উৎপন্ন হয়।

$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 \uparrow + \underset{\text{সোডিয়াম হাইপোফসফাইট}}{3NaH_2PO_2}$$

(b) ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন কস্টিক সোডার সঙ্গে বিভিন্ন শর্তে বিক্রিয়া করে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে। যথা, লঘু ও ঠাণ্ডা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে ক্লোরিন প্রবাহিত করলে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

ঘন ও তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে ক্লোরিন গ্যাস পাঠালে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।

$$3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

(c) কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে সালফার উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম থায়োসালফেট ও সোডিয়াম পেন্টা-সালফাইডের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

$$12S + 6NaOH = Na_2S_2O_3 + 2Na_2S_5 + 3H_2O$$

(d) তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে সিলিকনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়।

$$2NaOH + Si + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2\uparrow$$

(viii) জৈব এস্টারসমূহ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ ও কোহল উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{Na-অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH}$$

জৈব অ্যাসিডের অনার্দ্র সোডিয়াম লবণ অনার্দ্র সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ উত্তপ্ত করলে হাইড্রোকার্বন ও সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{Na-অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + Na_2CO_3$$

(ix) গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড 6—10 বায়ুমণ্ডলের চাপে 210°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন করা হয়।

$$NaOH + CO \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ফরমেট}}{HCOONa}$$

ব্যবহার (Uses) : (i) নানা প্রকার শিল্পোৎপাদনে যথা সাবান, কাগজ, সোডিয়াম ধাতু উৎপাদনে প্রচুর NaOH ব্যবহৃত হয়।

(ii) সিল্ক, রবার, খনিজ পেট্রোলিয়াম শোধনে এবং পরীক্ষাগারে বিকারক হিসেবে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়।

2A.5 সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)

খাদ্য লবণ হিসেবে সোডিয়াম ক্লোরাইড আমাদের জীবন ধারণের জন্য একটি অতি প্রয়োজনীয় সামগ্রী। প্রকৃতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। খনিতে, সমুদ্র জলে (2·6%) ভারতবর্ষের সম্বর হ্রদের জল থেকেও সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সমুদ্রের জল থেকেই প্রধানত খাদ্য লবণ উৎপাদন করা হয়।

প্রস্তুতি (Preparation) : গ্রীষ্মপ্রধান দেশ বা যে সমস্ত অঞ্চলে সূর্যকিরণের প্রাচুর্য বেশী সেখানে সমুদ্র জল বাষ্পীভূত করে খাদ্য লবণ প্রস্তুত করা হয়। বড় বড় অগভীর চৌবাচ্চায় সমুদ্রের জল রেখে সূর্যকিরণে ঐ জল বাষ্পীভূত করে খাদ্য-লবণের দ্রবণ গাঢ় করা হয়। দ্রবণ যথেষ্ট পরিমাণে গাঢ় হলে খাদ্য লবণের কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত খাদ্য লবণ বিশুদ্ধ নয়। খাদ্য লবণ কেলাসনের পর যে দ্রবণ পড়ে থাকে তাকে বিটার্ন (bittern) বলা হয়, এতে যথেষ্ট পরিমাণে ম্যাগনেসিয়াম ও ব্রোমিন থাকে। যে সব দেশে সূর্যকিরণের প্রাচুর্য কম সেখানে সমুদ্রের জল শীতল করে অংশত বরফে পরিণত করা হয়, এই বরফ অপসারিত করলে খাদ্য লবণের গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই গাঢ় দ্রবণ থেকে কেলাসিত করে খাদ্য-লবণ সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড (Pure sodium chloride) :

(i) সাধারণ খাদ্য লবণের গাঢ় সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস চালনা করলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসাকারে পৃথক হয়। এই সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস পরিস্রাবণ দ্বারা পৃথক করে গাঢ় HCl দ্বারা ধৌত করার পর উত্তাপে শুষ্ক করা হয়। এখন এই সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস প্ল্যাটিনাম পাত্রে রেখে উত্তাপ প্রয়োগে জলীয় বাষ্প ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দূরীভূত করা হয়।

(ii) ধাতব সোডিয়ামকে বিশুদ্ধ ক্লোরিনে দগ্ধ করে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করা হয় :

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

ধর্ম (Properties) : বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড ঘনক আকারের স্বচ্ছ স্ফটিকাকার পদার্থ। এর গলনাঙ্ক 815°সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 1440°সে.। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ প্রশম প্রকৃতির। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড উদগ্রাহী নয় কিন্তু সাধারণ খাদ্য লবণ উদগ্রাহী, কারণ এর মধ্যে উপস্থিত $CaCl_2$ ও $MgCl_2$ উদগ্রাহী।

গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। MnO_2-এর উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়ায় Cl_2 উৎপন্ন হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$
$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = MnSO_4 + 2NaHSO_4 + Cl_2\uparrow + H_2O$$

ব্যবহার (Uses) : (i) বাণিজ্যিক সোডিয়াম ক্লোরাইড খাদ্য লবণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড খাদ্য লবণ হিসেবে ব্যবহৃত হয় না, কারণ খাদ্য লবণে যে অশুদ্ধি থাকে তা শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয়।

(ii) Na, Cl_2 এবং সোডিয়ামের বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ যৌগ যথা Na_2CO_3, NaOH, Na_2SO_4, NaOCl প্রভৃতি প্রস্তুতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

(iii) মাছ, মাংস এবং কিছু কিছু দ্রব্য সংরক্ষণে সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহারের প্রচলন আছে।

(iv) হিমমিশ্র প্রস্তুতিতে, সাবান শিল্পে (দ্রবণ থেকে সাবান অধঃক্ষিপ্ত করতে)।

2A.6 সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$)

(i) একে অনেক সময় চিলিসল্ট পিটার বলা হয়। দক্ষিণ আমেরিকার চিলি, বলিভিয়া, পেরু প্রভৃতি দেশে ভূত্বকে সোডিয়াম নাইট্রেট খনিজ হিসেবে পাওয়া যায়, ইহা ক্যালিচ (caliche) নামে পরিচিত। এতে 65% $NaNO_3$ থাকে। ক্যালিচকে ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করে মাটি, বালি প্রভৃতি অদ্রাব্য অশুদ্ধি থেকে পরিস্রাবণ করে পৃথক করা হয়। এই পরিস্রুতকে গাঢ় করে আংশিক কেলাসন পদ্ধতিতে সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাস পাওয়া যায়। এইরূপে প্রাপ্ত সোডিয়াম নাইট্রেট 85% বিশুদ্ধ।

(ii) পরীক্ষাগারে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা সোডিয়াম কার্বনেটকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করে যে দ্রবণ পাওয়া যায়, সেই দ্রবণকে গাঢ় করে কেলাসিত করলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়।

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + H_2O + CO_3$$

ধর্ম (Properties) : (i) সোডিয়াম নাইট্রেট বর্ণহীন, স্ফটিকাকার, উদগ্রাহী পদার্থ। (ii) এর গলনাঙ্ক 316°সে., ইহা জলে দ্রবণীয়। উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম নাইট্রেট বিয়োজিত হয়ে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2\uparrow$$

ব্যবহার (Uses) : (i) নাইট্রোজেন ঘটিত সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়। (ii) সোডিয়াম নাইট্রাইট, পটাসিয়াম নাইট্রেট ও নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

2A.7 সোডিয়াম সালফেট বা গ্লবার সল্ট ($Na_2SO_4 10H_2O$)

গ্লবার সর্বপ্রথম এই লবণটি 1848 খ্রীষ্টাব্দে আবিষ্কার করেন, সেজন্য এর নাম গ্লবার সল্ট।

প্রস্তুতি (Preparation) : I. শিল্প পদ্ধতিতে খাদ্য লবণের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে (লেব্ল্যাংক পদ্ধতি) সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন পদার্থ-পিণ্ডকে (সল্টকেক বলা হয়)।

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণটিকে গাঢ় করে ধীরে ধীরে 32°সে. তাপমাত্রার নীচে ঠাণ্ডা করলে সোদক সোডিয়াম সালফেট ($Na_2SO_4.10H_2O$) কেলাসিত হয়। সোদক সোডিয়াম সালফেট উদত্যাগী পদার্থ, বায়ুতে রেখে দিলে বা 32°সে. তাপমাত্রার উপরে উত্তপ্ত করলে কেলাস জল ত্যাগ করে অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেটে পরিণত হয়।

II. উত্তপ্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়ে SO_2, বায়ু ও জলীয় বাষ্প চালনা করলে (হারগ্রীভের পদ্ধতি) সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$4NaCl + 2SO_2 + 2H_2O + O_2 = 2Na_2SO_4 + 4HCl$$

ধর্ম (Properties) : সোডিয়াম সালফেট বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ। সোডিয়াম সালফেটের সঙ্গে কয়লা বা কোক মিশিয়ে উত্তাপে গলালে উহা বিজারিত হয়ে সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন করে। $Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$

ব্যবহার (Uses) : (i) ভেষজ রসায়নে ইহা জোলাপ (purgative) রূপে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(ii) কাগজ, কাচ শিল্পে, সোডিয়াম সালফাইড, সোডিয়াম থায়োসালফেট প্রস্তুত করতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেট অনেক ক্ষেত্রে নিরূদক রূপে ব্যবহৃত হয়।

2A.8 সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)

শিল্প ভিত্তিক সলভে পদ্ধতিতে (Solvey process) সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। পরের অধ্যায়ে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রস্তুতি সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা করা হয়েছে।

ধর্ম (Properties) : (i) সাধারণত তিন প্রকারের সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়। সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত করলে 10 অণু জলসহ সোডিয়াম কার্বনেট অণু পাওয়া যায় $Na_2CO_3, 10H_2O$, বাজারে ইহা কাপড় কাচা সোডা নামে পরিচিত। সোডিয়াম কার্বনেটের এই কেলাস উন্মুক্ত শুষ্ক বাতাসে রেখে দিলে 9 অণু কেলাস জল ত্যাগ করে 1-অণু কেলাস জল-যুক্ত কেলাস গঠন করে NO_2CO_3, H_2O। এই অণুকে 100° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে শেষ কেলাস জলের অণুটিও অপসারিত হয়ে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট অণু গঠন করে Na_2CO_3। ইহা **সোডা অ্যাশ** (Soda ash) নামে পরিচিত।

সোডা অ্যাশ অনিয়তাকার সাদা কঠিন পদার্থ, ইহা 854° সে. তাপমাত্রায় গলে যায় কিন্তু বিযোজিত হয় না। এই অনার্দ্র অণু বায়ু থেকে এক অণু জলীয় বাষ্প শোষণ করে $Na_2CO_3.H_2O$ অণু গঠন করে।

(ii) সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবণীয়, জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী, কারণ ইহা তীব্রক্ষার (NaOH) এবং মৃদু অ্যাসিড (H_2CO_3) এর লবণ।

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Na^+ + 2OH^- + H_2CO_3$$

(iii) ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ গঠিত হয়।

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$$

$$\underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{2HCOOH} + Na_2CO_3 = \underset{\text{সোডিয়াম ফরমেট}}{2HCOONa} + CO_2\uparrow + H_2O$$

(iv) শীতল ও ঘন সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে CO_2 প্রবাহিত করলে সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2NaHCO_3$$

(v) 80°সে. তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কস্টিক সোডা এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$$

এই পদ্ধতিতে বাণিজ্যিক উপায়ে কস্টিক সোডা প্রস্তুত করা হয়।

(vi) কোন কোন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করলে ধাতুটি অদ্রাব্য কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যায়।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = 2NaCl + CaCO_3\downarrow$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + MgCO_3\downarrow$$

মৃদু ক্ষার ও তীব্র অ্যাসিড সঞ্জাত কতকগুলি লবণ সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে (ধাতব কার্বনেট উৎপন্ন হয় না) (১ম খণ্ডের 303 পৃঃ দ্রষ্টব্য)।

$$2FeCl_3 \rightleftharpoons 2Fe^{3+} + 6Cl^-$$

$$3Na_2CO_3 \rightleftharpoons 6Na^+ + 3CO_3^{2-}$$

$$6H_2O \rightleftharpoons 6H^+ + 6OH^-$$

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 2\overset{3+}{Fe} + 3\overset{-}{OH} + 6[\overset{+}{Na}\overset{-}{Cl}] + [6H^+ + 3CO_3^{2-}]$$

$$\rightleftharpoons 2Fe(OH)_3\downarrow + 6NaCl + 3CO_2\uparrow + 3H_2O$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3\downarrow + 3Na_2SO_4 + 3CO_2\uparrow$$

$$2CuCl_2 + 2Na_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons CuCO_3.Cu(OH)_2\downarrow + CO_2\uparrow + 4NaCl$$

(vii) অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে ঘষলে বা গরম করলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

$$2NH_4Cl + Na_2CO_3 = 2NaCl + 2NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$$

ব্যবহার (Uses) : সাবান, কাচ, কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে, খরজল মৃদু করণে, বোরাক্স প্রস্তুতিতে সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। রসায়নাগারে বিকারক হিসেবে এবং কাপড় কাচার জন্য প্রচুর পরিমাণে Na_2CO_3 ব্যবহৃত হয়।

2A.9 সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$)

প্রস্তুতি (Preparation) : পরীক্ষাগারে সোডিয়াম কার্বনেটের সম্পৃক্ত দ্রবণের মধ্য দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করে সোডিয়াম বাইকার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। স্বল্প দ্রাব্য সোডিয়াম বাইকার্বনেটের অধঃক্ষেপ সংগ্রহ করে ঠান্ডা জল দ্বারা ধুয়ে সাধারণ তাপমাত্রায় শুষ্ক বায়ুতে শুষ্ক করা হয়।

$$Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O = 2NaHCO_3$$

ধর্ম (Properties) : সোডিয়াম বাইকার্বনেট সাদা অনিয়তাকার গুঁড়া কঠিন পদার্থ। জলে স্বল্প দ্রাব্য, উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

সোডিয়াম বাইকার্বনেট জলে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।

$$NaHCO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + NaOH$$

সোডিয়াম বাইকার্বনেট, সোডিয়াম কার্বনেট অপেক্ষা মৃদুক্ষার।

ব্যবহার (Uses) : বিভিন্ন প্রকারের বাতান্বিত (airated) পানীয় প্রস্তুতিতে সোডিয়াম বাইকার্বনেট ব্যবহৃত হয়। বেকিং পাউডারের অন্যতম উপাদান হিসেবে, অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে এবং ওষুধ প্রস্তুতিতে $NaHCO_3$ ব্যবহৃত হয়।

সারণী 2.2 : সোডিয়ামের কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি এবং ব্যবহার :

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
অক্সাইড : (a) সোডিয়াম মনোক্সাইড (Na_2O)	(i) $4Na+O_2 \xrightarrow{180^\circ \text{ সে.}} 2Na_2O$ (ii) Na_2O_2 বা, $NaNO_3$ বা, $NaNO_2$ } $+Na \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} Na_2O$ $Na_2O_2 + 2Na = 2Na_2O$ $2NaNO_3 + 10Na = 6Na_2O + N_2$ $2NaNO_2 + 6Na = 4Na_2O + N_2$ (iii) $2NaOH + 2Na = 2Na_2O + H_2$	
(b) সোডিয়াম পারঅক্সাইড (Na_2O_2)	$2Na+O_2 \xrightarrow{300^\circ \text{ সে.}} Na_2O_2$	বিরঞ্জকরূপে, H_2O_2 এবং O_2 প্রস্তুতিতে, জারক দ্রব্য রূপে।
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (কস্টিক সোডা)	(i) **ক্ষারীকরণ পদ্ধতি :** $Na_2CO_3+Ca(OH)_2 = 2NaOH+CaCO_3$ (ii) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :** NaCl-এর ঘন জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : $2NaCl=2Na^++2Cl^-$ $2Cl^- -2e=Cl_2; 2Na^++2e=2Na$ $2H_2O=2H^++2OH^-$ $2Na=2Na^++2e; 2H^++2e=H_2$ $2Na^++2OH^-=2NaOH$	সোডিয়াম নিষ্কাশনে, সাবান, কাগজ, কৃত্রিম রেশম শিল্পে, বক্সাইট বিশোধনে।
সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)	(i) $2Na+Cl_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 2NaCl$ (ii) সমুদ্র জল $\xrightarrow[\text{গাঢ়ীকরণ}]{\text{বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে}}$ সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস → সম্পৃক্ত দ্রবণ $\xrightarrow{\text{HCl গ্যাস}}$ কেলাস $\xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{তীব্র}}$ বিশুদ্ধ NaCl	সোডিয়াম নিষ্কাশনে ; সোডিয়াম কার্বনেট, কস্টিক সোডা, ক্লোরিন HCl—এদের শিল্প-প্রস্তুতিতে মাছ-মাংস সংরক্ষণে।
সোডিয়াম সালফেট বা গ্লবারের সল্ট ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$)	(i) $2NaCl+$(গাঢ়) H_2SO_4 $\xrightarrow[\text{তাপমাত্রা}]{\text{উচ্চ}} Na_2SO_4+2HCl$ (ii) $4NaCl+2SO_2+2H_2O+O_2$ (স্টীম) $\rightarrow 2Na_2SO_4+4HCl$	ঔষধ রূপে (জোলাপ), কাচের শিল্প-প্রস্তুতিতে, অনার্দ্র সালফেট নিরুদক রূপে।

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)	(i) সলভে পদ্ধতি : $NH_3+H_2O+CO_2 \rightarrow NH_4HCO_3$ $NH_4HCO_3+NaCl \rightarrow NaHCO_3+NH_4Cl$ $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$. (ii) $2NaHCO_3 \xrightarrow{250\text{-}300° \text{ সে.}} Na_2CO_3+H_2O+CO_2$	সাবান, কাচ, কস্টিক সোডার শিল্প-প্রস্তুতিতে, কাপড় কাচার সোডা-রূপে, বোরাক্স প্রস্তুতিতে।
সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$)	$Na_2CO_3+CO_2+H_2O \rightarrow$ (সম্পৃক্ত দ্রবণ) $2NaHCO_3$	বাতান্বিত পানীয় প্রস্তুতিতে, বেকিং পাউডারের উপাদান রূপে, অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে।

সোডিয়াম লবণের সনাক্তকরণ (Tests for sodium salts) :

(i) **শিখাপরীক্ষা :** ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত প্ল্যাটিনাম তারে সামান্য সোডিয়াম লবণ লাগিয়ে নিয়ে বুনসেন বার্নারের অদীপ্ত শিখায় ধরলে শিখাটি উজ্জ্বল স্বর্ণাভ হলুদ শিখায় জ্বলতে থাকে, এক জোড়া নীল কাচের মধ্য দিয়ে দেখলে এই হলুদ বর্ণ অদৃশ্য হয়।

(ii) সোডিয়াম লবণের গাঢ় দ্রবণের মধ্যে জিংক ইউরেনিল অ্যাসিটেটের অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করলে হলুদ বর্ণের কেলাসাকার অধঃক্ষেপ পড়ে।

প্রশ্ন : 2.22 জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত করে সোডিয়ামের এমন একটি যৌগের নাম কর।

2.23 ধাতব সোডিয়াম জল থেকে সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন মুক্ত করে, কিন্তু ধাতব জিংক এই অবস্থায় জল থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করতে পারে না। কেন?

2.24 অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড থেকে অ্যালুমিনিয়াম মুক্ত করতে পারে এমন একটি বিজারকের নাম লেখ।

2.25 Na_2O এবং Na_2O_2-তে সোডিয়ামের যোজ্যতা কি ভিন্ন? জারণ সংখ্যা কত?

2.26 ঈষৎ হলুদ বর্ণের সোডিয়াম পারঅক্সাইড বায়ুতে রেখে দিলে এটির উপরিভাগ সাদা হয়ে যাওয়ার কারণ কি?

2.27 জিংক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির লবণের দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে কিন্তু অতিরিক্ত NaOH যোগ করলে এই অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয় কেন?

2.28 কস্টিক সোডার সঙ্গে ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতির বিক্রিয়ায় কোন্ অবস্থায় কি উৎপন্ন হয়?

2.29 সালফারের সঙ্গে NaOH-এর বিক্রিয়ায় কি উৎপন্ন হয়?

2.30 সাধারণ খাদ্য লবণ উদ্গ্রাহী হওয়ার কারণ কি?

2.31 সাধারণ খাদ্য লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালনা করে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস পৃথক করা হয় কেন?

2.32 বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড খাদ্য লবণ হিসেবে ব্যবহার করা উচিত নয় কেন?

2.33 অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয়?

2B. ক্যালসিয়াম (Calcium)

2B.1 ক্যালসিয়ামের ধর্ম (Properties of Calcium)

ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :

(i) ক্যালসিয়াম রূপোর ন্যায় চকচকে সাদা, নরম ও নমনীয় ধাতু। বিশুদ্ধ ধাতু ছুরি দিয়ে কাটা যায়। (ii) এটি হাল্কা ধাতু, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·55। (iii) এর গলনাঙ্ক 851° সে., স্ফুটনাঙ্ক 1439° সে., এটি তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :

(i) **বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** ক্যালসিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু। শুষ্ক বায়ুর সঙ্গে এর অবশ্য বিক্রিয়া নেই এবং শুষ্ক বায়ুতে এর ধাতব ঔজ্জ্বল্য বজায় থাকে। আর্দ্র বায়ুতে বিক্রিয়া করে অক্সাইড উৎপন্ন করে, এই অক্সাইড বায়ুর জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং হাইড্রক্সাইড বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

$$2Ca + O_2 = 2CaO ; \quad CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

বায়ুতে তীব্র দহনের ফলে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও নাইট্রাইড উৎপন্ন হয় :

$$2Ca + O_2 = 2CaO ; \quad 3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$

(ii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ফুটন্ত জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এটি তীব্র তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু হওয়া সত্ত্বেও শীতল জলে বিক্রিয়া ধীর গতিতে হয়, সোডিয়ামের ন্যায় বিক্রিয়া তীব্র নয়, কারণ বিক্রিয়ার প্রথমেই উৎপন্ন অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ধাতব ক্যালসিয়ামের উপর আস্তরণ সৃষ্টি করে, ফলে জলের সঙ্গে ধাতুর সংস্পর্শ ব্যাহত হয়। $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$

(iii) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া কিছুক্ষণ পর মন্থর হয়ে পড়ে, কারণ ধাতুর উপরিতলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটের আস্তরণ ধাতুকে অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসতে দেয় না। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না।

$$Ca + 2HCl = CaCl_2 + H_2\uparrow ; \; Ca + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2\uparrow$$

(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ক্ষারের সঙ্গে ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া হয় না।

(v) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেনের সঙ্গে হাইড্রাইড (CaH_2) (হাইড্রলিথ নামে পরিচিত), হ্যালোজেনের সঙ্গে হ্যালাইড (CaX_2) নাইট্রোজেনের সঙ্গে নাইট্রাইড (Ca_3N_2), সালফারের সঙ্গে সালফাইড (CaS), ফসফরাসের সঙ্গে ফসফাইড (Ca_3P_2), কার্বনের সঙ্গে কার্বাইড (CaC_2) উৎপন্ন করে।

$$Ca + H_2 = CaH_2 ; \quad Ca + X_2 = CaX_2 \quad (X = F, Cl, Br, I)$$
$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2 ; \quad Ca + S = CaS$$
$$3Ca + 2P = Ca_3P_2 ; \quad Ca + 2C = CaC_2 \quad (2000^\circ \text{ সে.})$$

(vi) **কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন হয়।**

$$5Ca + 2CO_2 = 4CaO + CaC_2$$

(vii) অ্যামোনিয়া গ্যাস শীতল অবস্থায় ক্যালসিয়াম দ্বারা শোষিত হয়ে $Ca(NH_3)_6$ যৌগ উৎপন্ন করে। উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম অ্যামাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Ca + 6NH_3 = Ca(NH_3)_6 \; ; \qquad Ca + 2NH_3 = Ca(NH_2)_2 + H_2\uparrow$$

(viii) **বিজারণ ক্রিয়া :** উচ্চ তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম বিজারক হিসেবে কাজ করে। বহু অক্সাইড এবং ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম দ্বারা বিজারিত হয়।

$$Cr_2O_3 + 3Ca = 2Cr + 3CaO \; ; \qquad CO + Ca = CaO + C$$

ব্যবহার (Uses) : (i) অ্যালকোহল নিরুদনের জন্য ব্যবহৃত হয়। (ii) বায়ু থেকে আরগন পৃথক করতে, কোন গ্যাস মিশ্রণ থেকে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অপসারিত করতে, হাইড্রলিথ (CaH_2) প্রস্তুত করতে। (iii) ক্যালসিয়াম ঘটিত বিভিন্ন সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়, যেমন ফ্রায়া মেটাল, Ca-Ba-সংকর। উলকো (UlCo), Pb-Ca-সংকর ধাতু উল্লেখযোগ্য।

ক্যালসিয়ামের যৌগসমূহ (Compounds of Calcium)

2B.2 ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)

ইহা পোড়া চুন বা কুইকলাইম নামে পরিচিত। চুনাপাথরকে ($CaCO_3$) চুন-ভাটিতে উচ্চ তাপমাত্রায় (1000° সে.) উত্তপ্ত করে ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা পোড়াচুন পাওয়া যায়।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$$

ধর্ম (Properties) : (i) পোড়া চুন অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। এর গলনাঙ্ক অত্যন্ত বেশী, 2570° সে.। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখায় তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলেও ইহা গলে না, প্রদীপ্ত ভাস্বর হয়ে উজ্জ্বল আলোক (Limelight) বিকিরণ করে।

(ii) আর্দ্র বায়ুতে এটি জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে গুঁড়া হয়ে যায় :

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \; ; \qquad CaO + CO_2 = CaCO_3$$

(iii) চুনের প্রতি জলের আকর্ষণ খুব বেশী, চুনের সঙ্গে জল মেশালে হিস্ হিস্ শব্দে জল শোষিত হয় এবং প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। এর ফলে বিকারক জলের একটি অংশ জলীয় বাষ্পরূপে নির্গত হয়ে যায়। পর্যাপ্ত পরিমাণ জল যোগ করা হলে পরে পোড়া চুন ফুলে ফেঁপে ওঠে এবং ভেঙ্গে গিয়ে সাদা গুঁড়োয় পরিণত হয়। গুঁড়ো পাউডারকে কলিচুন বলা হয় এবং পদ্ধতিটিকে **চুনের কলিকরণ** (Slaking of lime) বলা হয়।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

প্রশ্ন : 2.34 জলের সঙ্গে ধাতব ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া, সোডিয়ামের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া অপেক্ষা ধীর গতিতে হয়, কেন ?

(iv) এটি একটি ক্ষারকীয় অক্সাইড, অম্ল বা আম্লিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ গঠন করে :

$$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$$
$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

(v) অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে চুনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া নির্গত হয়।

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + 2NH_3 + H_2O$$

300°সে. তাপমাত্রায় ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$$

(iv) বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 2000°সে. তাপমাত্রায় কার্বনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

ব্যবহার (Uses) : (i) গ্যাস ও অ্যালকোহল নিরুদনে, (ii) গাঁথনির মশলা, দেওয়াল রং, সিমেন্ট ও কাচ প্রস্তুতিতে, (iii) লাইম লাইট সৃষ্টিতে, (iv) ধাতু নিষ্কাশনে বিগালক হিসেবে, কস্টিক সোডা, ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতিতে, (v) **সোডা-লাইম** প্রস্তুতিতে, (vi) জলের খরতা দূরীকরণে, পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

[**সোডা-লাইম (Soda-lime) :** পোর্সেলিন পাত্রে বিশুদ্ধ পোড়া চুনের সঙ্গে কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশিয়ে মিশ্রণটিকে উত্তম রূপে আলোড়িত করে মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে জল সম্পূর্ণ রূপে দূরীভূত করে সোডা-লাইম প্রস্তুত করা হয়।

সোডা-লাইম নিরুদক দ্রব্য রূপে, কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণে এবং পরীক্ষাগারে মিথেন গ্যাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।]

2B.3 ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুন [$Ca(OH)_2$]

প্রস্তুতি (Preparation) : পোড়া চুনের সঙ্গে পরিমিত পরিমাণ জল মিশিয়ে কলিচুন প্রস্তুত করা হয়। $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

এই পদ্ধতিকে **কলিকরণ** (slaking) বলে, জল ও কলিচুনের মিশ্রণকে চুনগোলা বা মিল্ক অব লাইম (Milk of lime) বলে।

ধর্ম (Properties) : (i) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা **কলিচুন** সাদা অনিয়তাকার গুঁড়ো কঠিন পদার্থ। (ii) কলিচুন জলে স্বল্প-দ্রাব্য, গরম জলে এর দ্রাব্যতা কম, সেজন্য ইহা গরম জল অপেক্ষা ঠাণ্ডা জলে বেশী দ্রবীভূত হয়। কলিচুনের স্বচ্ছ দ্রবণকে চুনজল (lime water) বলে। (iii) কলিচুন কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

স্বচ্ছ চুনজলে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাঠালে প্রথমে অদ্রাব্য কার্বনেট উৎপন্ন হলে দ্রবণের বর্ণ ঘোলাটে সাদা হয় : $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$

এই ঘোলাটে দ্রবণে অতিরিক্ত CO_2 প্রবাহিত করলে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়ে দ্রবণ পুনরায় স্বচ্ছ হয় : $CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$

এই স্বচ্ছ দ্রবণকে ফোটালে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণ পুনরায় ঘোলাটে হয়ে যায় : $Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + CO_2 + H_2O$

(iv) কলিচুনকে 450°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয় :

$$Ca(OH)_2 = CaO + H_2O$$

(v) এটি একটি তীব্র ক্ষার, লাল লিটমাসকে নীল করে, লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে :

$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিডও একই ভাবে বিক্রিয়া করে কিন্তু কিছুক্ষণ পর কলিচুনের উপর অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়ে ফলে বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়।

(vi) অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া মুক্ত করে।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

(vii) শুষ্ক কলিচুনের মধ্যে 40°সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস পাঠালে ব্লিচিং পাউডার (ক্যালসিয়াম ক্লোরো হাইপোক্লোরাইট) উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

উচ্চ তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + 2H_2O + O_2\uparrow$$

শীতল ও অতিরিক্ত চুন জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

তপ্ত মিল্ক অব লাইমের সঙ্গে অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

কলিচুনের বাণিজ্যিক উৎপাদন ও ব্যবহার পরের অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচিত হয়েছে।

2B.4 ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2.6H_2O$)

প্রস্তুতি (Preparation) : (i) সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির সময় উপজাত হিসেবে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। (ii) চুনাপাথর এবং কলিচুনের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সাধারণত চুনাপাথরের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া করে প্রস্তুত করা হয়। $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমন বন্ধ হলে, দ্রবণকে ছেঁকে অবিক্রিত চুনাপাথর ও অন্যান্য অশুদ্ধি পৃথক করা হয়। দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড কেলাস ($CaCl_2.6H_2O$) পৃথক করা হয়।

ধর্ম (Properties) : (i) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ, এর কেলাসে 6-অণু জল থাকে $CaCl_2.6H_2$।

(ii) ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করলে তাপ শোষিত হয়।

(iii) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের হেক্সাহাইড্রেট কেলাসকে 200° সে. পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে 4-অণু জল অপসারিত করে ডাইহাইড্রেট $CaCl_2.2H_2O$ কেলাস এবং 200° সে. তাপমাত্রার বেশী তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র অণুতে পরিণত হয়।

$$CaCl_2.6H_2O \xrightarrow[-4H_2O]{200^\circ \text{ সে.}} CaCl_2.2H_2O \xrightarrow[-2H_2O]{>260^\circ \text{ সে.}} CaCl_2$$

অনার্দ্র $CaCl_2$ 773° সে. তাপমাত্রায় গলে যায়।

(iv) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অত্যন্ত উদগ্রাহী, বাতাসের জলীয় বাষ্প শোষণ করে এর মধ্যে দ্রবীভূত হয়ে যায়।

(v) অ্যামোনিয়া ও অ্যালকোহলের সঙ্গে যুত-যৌগ গঠন করে।

$$CaCl_2 + 8NH_3 \longrightarrow CaCl_2,8NH_3$$
$$CaCl_2 + 4CH_3OH \longrightarrow CaCl_2,4CH_3OH$$

ব্যবহার (Uses) : (i) অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনে এবং নিরুদক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। (ii) সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড হিমমিশ্র (−55°সে.) প্রস্তুত করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

2B.5 ক্যালসিয়াম নাইট্রেট [$Ca(NO_3)_2, 4H_2O$]

প্রস্তুতি (Preparation) : (i) চুনের সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম নাইট্রেট প্রস্তুত করা হয়।

$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

(ii) ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট প্রস্তুত করা যায়। $CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$

উৎপন্ন ক্যালসিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট কেলাস পৃথক করা হয়।

ধর্ম (Properties) : (i) জলে দ্রবণীয়, উদগ্রাহী, কেলাসাকার কঠিন। (ii) ইহা $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ হিসেবে কেলাসিত হয়।

(iii) বেশী তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে CaO, NO_2 এবং O_2 উৎপন্ন করে।

$$Ca(NO_3)_2, 4H_2O \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} Ca(NO_3)_2$$
$$2Ca(NO_3)_2 = 2CaO + 4NO_2 + O_2$$

ব্যবহার (Uses) : সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

2B.6 ক্যালসিয়াম সালফেট [$CaSO_4$]

প্রকৃতিতে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট অ্যানহাইড্রাইটরূপে সোদক ক্যালসিয়াম সালফেট জিপসাম ($CaSO_4$, $2H_2O$) রূপে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) : পরীক্ষাগারে চুন, চকের গুঁড়ো বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা যায়। জিপসাম সরাসরি ক্যালসিয়াম সালফেট হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

ধর্ম (Properties) : (i) জিপসাম সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। (ii) জলে স্বল্প দ্রবণীয়। (iii) 120°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কেলাস জল অংশত অপসারিত করে প্লাস্টার অব প্যারিসে $(CaSO_4)_2H_2O$ পরিণত হয়, 200°সে. তাপমাত্রায় অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) উৎপন্ন হয় এবং 400°সে. তাপমাত্রায় চুন, SO_2 এবং অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়।

$$2CaSO_4.2H_2O \xrightarrow[-H_2O]{120^\circ\text{সে.}} (CaSO_4)_2H_2O + 3H_2O$$

$$(CuSO_4)_2H_2O \xrightarrow{200^\circ\text{সে.}} CaSO_4 \xrightarrow{400^\circ\text{সে.}} 2CaO + 2SO_2 + O_2$$

(iii) ক্যালসিয়াম সালফেট জলে স্বল্প দ্রবণীয় কিন্তু গাঢ় ও তপ্ত অ্যামোনিয়াম সালফেটে $(NH_4)_2SO_4.CaSO_4.H_2O$ দ্বিলবণ গঠন করে দ্রবীভূত হয়।

(iv) জিপসাম অ্যামোনিয়াম সালফেট সার উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। জিপসাম গুঁড়ো জলে নিয়ে প্রথমে অ্যামোনিয়া পাঠিয়ে তারপর কার্বন ডাই-অক্সাইড পাঠালে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। (এই পদ্ধতিতে সিন্দ্রি সার কারখানায় অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করা হয়)।

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

ব্যবহার (Uses) : (i) জিপসাম প্লাস্টার অব প্যারিস এবং চক-পেন্সিল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (ii) কাগজ-শিল্পে এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট সার উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

2B.7 ক্যালসিয়াম কার্বনেট [$CaCO_3$]

মার্বেল, চুনাপাথর, চক, ক্যালসাইট হিসেবে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে ক্যালসিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) : ক্যালসিয়াম লবণের মধ্যে Na_2CO_3 বা $(NH_4)_2CO_3$ দ্রবণ মিশিয়ে অথবা কলিচুনের মধ্যে CO_2 প্রবাহিত করে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষেপ চক (precipitated chalk) পাওয়া যায়।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + 2NaCl$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

ধর্ম (Properties) : (i) ইহা সাদা কঠিন পদার্থ। (ii) ইহা জলে অদ্রবণীয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেট জলে প্রলম্বিত করে CO_2 প্রবাহিত করলে ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়ে জলে দ্রবীভূত হয়।

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

(iii) উত্তাপে বিয়োজিত হয়ে চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \uparrow$$

(iv) অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ক্যালসিয়ামের লবণ গঠিত হয়।

ব্যবহার (Uses) : (i) চুন, সিমেন্ট, কাচ, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সোডিয়াম কার্বনেট, ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপাদনে এবং লৌহ নিষ্কাশনে ক্ষারকীয় বিগালক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। (ii) মূর্তি, ঘরবাড়ী, বাসনপত্র তৈরিতে মার্বেল পাথর ব্যবহৃত হয়। (iii) অধঃক্ষিপ্ত চক (precipitated chalk) ওষুধ এবং মুখে লাগাবার পাউডার ও দাঁত মাজার পাউডার প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

সারণী 2.3 : ক্যালসিয়ামের কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি এবং ব্যবহার :

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
অক্সাইড পোড়া চুন (CaO)	$CaCO_3 \xrightarrow{\text{তীব্র উত্তাপ}} CaO + CO_2$	কলি চুন প্রস্তুতিতে, নিরুদকরূপে, ক্যালসিয়াম কার্বাইডের শিল্প প্রস্তুতিতে।
হাইড্রক্সাইড কলিচুন, $Ca(OH)_2$	$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$	সিমেন্ট, কাচ, ব্লিচিং পাউডার, কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে, সার হিসাবে, অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে।
ক্লোরাইড $CaCl_2, 6H_2O$	$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$	অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নিরুদকরূপে, ক্যালসিয়াম নিষ্কাশনে, সোদক ক্লোরাইড হিম-মিশ্র প্রস্তুত করণে।
ব্লিচিং পাউডার Ca(OCl)Cl	$Ca(OH)_2 + Cl_2 \xrightarrow{40°\text{সে.}} Ca(OCl)Cl$	বিরঞ্জন ক্রিয়ায়, জীবাণু নাশকরূপে।
নাইট্রেট $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$	(i) $CaO + 2HNO_3 \longrightarrow Ca(NO_3) + H_2O$ (ii) $CaCO_3 + 2HNO_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$	সার হিসাবে।
সালফেট $CaSO_4$ এবং $CaSO_4, 2H_2O$	$CaO + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$ $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$ $CaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2HCl$	**জিপসাম :** প্লাস্টার অব প্যারিস, চক-পেন্সিল প্রস্তুতিতে ; কাগজ শিল্পে এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট সার উৎপাদনে।
কার্বনেট $CaCO_3$	$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$ $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$	**মার্বেল পাথর :** মূর্তি, স্থাপত্য কীর্তি নির্মাণে, বাসনপত্র প্রস্তুতিতে, পরীক্ষাগারে CO_2 প্রস্তুতিতে।

● **ক্যালসিয়াম যৌগে ক্যালসিয়াম সনাক্তকরণ (Detection of Calcium in its Compounds) :**

(i) **শিখা পরীক্ষা** (Flame Test) : ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত প্ল্যাটিনাম তারের সাহায্যে সামান্য ক্যালসিয়াম লবণ নিয়ে অদীপ্ত বুনসেন শিখায় ধরলে পোড়া ইটের মত লাল ক্ষণস্থায়ী শিখার সৃষ্টি করে।

(ii) **সিক্ত পরীক্ষা** (Wet Test) : (i) ক্যালসিয়াম লবণের গাঢ় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মেশালে, ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে, এই অধঃক্ষেপ লঘু অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

(ii) ক্যালসিয়াম লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ মেশালে ক্যালসিয়াম অক্সালেটের কেলাসাকার সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে, যা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

প্রশ্ন : 2.35 ধাতব ক্যালসিয়ামের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়, কিন্তু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মন্থর গতিতে বিক্রিয়া হয় কেন ?

2.36 ক্যালসিয়ামের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড উত্তপ্ত করা হলে বিক্রিয়াজাত পদার্থ কি পাওয়া যায় ?

2.37 ক্যালসিয়ামের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ?

2.38 হাইড্রলিথ কি ? ব্লিচিং পাউডারের সংকেত কি ?

2.39 চুনের কলিকরণ বলতে কি বোঝ ?

2.40 তপ্ত চুনগোলার সঙ্গে অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় কি যৌগ উৎপন্ন হয় ?

2.41 ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার কি বিক্রিয়া হয় ?

2.42 জিপসামের সংকেত কি ? এর ব্যবহার উল্লেখ কর।

2.43 কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া কিভাবে হয় ?

2.44 ক্যালসিয়ামকে কোন্ শ্রেণীর ধাতু বলা হয় ?

2.45 কলিচুনের সংকেত কি ? এই সংকেত কি পোড়া চুনের সংকেত থেকে আলাদা ?

2.46 সোডিয়ামের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া সাধারণ তাপমাত্রাতেই সংঘটিত হয়, কিন্তু ক্যালসিয়ামের সঙ্গে ফুটন্ত জলের বিক্রিয়া হয়। এ থেকে কি সিদ্ধান্তে আসা যায় ?

2.47 ধাতব ক্যালসিয়াম থেকে কিভাবে ক্যালসিয়াম কার্বাইড পাওয়া যেতে পারে ?

2.48 পোড়া চুন থেকে কলিচুন এবং কলিচুন থেকে পোড়া চুন কিভাবে পাওয়া যেতে পারে ?

2C. কপার, Cu

প্রতীক চিহ্ন Cu	ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 29	জারণ-সংখ্যা $+2$, $+1$
পারমাণবিক ওজন 63·54	পর্যায়-সারণীতে অবস্থান : গ্রুপ IB

2C.1 কপারের ধর্ম (Properties of Copper)

A. ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :

(i) বিশেষ ধরনের লালাভ গোলাপী বর্ণের ধাতু। এটি নরম, নমনীয় ও ঘাত সহ ধাতু, ইহা দ্বারা পাতলা পাত ও সরু তার প্রস্তুত করা যায়।

(ii) এটি ভারী ধাতু, আপেক্ষিক গুরুত্ব 8·85, তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী।

(iii) এর গলনাঙ্ক 1083°সে., স্ফুটনাঙ্ক 2820°সে.।

(iv) কপার অন্য ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে সংকর ধাতু উৎপন্ন করে।

B. রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) :

(i) **বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** শুষ্ক বাতাসে কপার অবিকৃত থাকে, আর্দ্র বায়ুতে রাখলে কপারের উপর অক্সাইড ও সালফাইডের আস্তরণ পড়ে এর ঔজ্জ্বল্য নষ্ট করে। দীর্ঘকাল আর্দ্র

বায়ুতে রেখে দিলে কপারের উপর সবুজ বর্ণের ক্ষারকীয় কপার সালফেট $CuSO_4.3Cu(OH)_2$-এর আস্তরণ পড়ে। বায়ুতে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করলে কালো বর্ণের CuO উৎপন্ন করে। CuO, 1100°সে. তাপমাত্রায় বিযোজিত হয়ে লাল বর্ণের Cu_2O উৎপন্ন হয়।

$$2Cu + O_2 = 2CuO \; ; \qquad 4CuO = 2Cu_2O + O_2\uparrow$$

(ii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ধাতব কপারের উপর জল বা স্টীমের কোন বিক্রিয়া হয় না।

(iii) **অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া*** ঃ তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে কপারের স্থান হাইড্রোজেনের নীচে, সুতরাং লঘু অজারক অ্যাসিডের সঙ্গে সাধারণত বিক্রিয়া করে না। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড অক্সিজেনের উপস্থিতিতে কপারের বিক্রিয়া করে। উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Cu + 4HCl\,(\text{গাঢ়}) + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$
$$2Cu + 2H_2SO_4\,(\text{লঘু}) + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$
$$Cu + 2H_2SO_4\,(\text{গাঢ়}) = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিভিন্ন শর্তে বিভিন্ন পদার্থ পাওয়া যায়।

$$4Cu + 10HNO_3\,(\text{লঘু ও শীতল}) = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + 5H_2O$$
$$3Cu + 8HNO_3\,(1:1\ \text{গাঢ় ও শীতল}) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$
$$Cu + 4HNO_3\,(\text{গাঢ় ও উষ্ণ}) = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$
$$5Cu\,(\text{লোহিত-তপ্ত}) + 2HNO_3\,(\text{বাষ্প}) = 5CuO + N_2\uparrow + H_2O$$

(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ক্ষারের সঙ্গে কপারের বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু অক্সিজেনের উপস্থিতিতে গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণে কপার চূর্ণ ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়ে নীল কিউপ্রাস অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$2Cu + 8NH_4OH + O_2 = 2[Cu(NH_3)_4(OH)_2] + 6H_2O$$

(v) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** উচ্চ তাপমাত্রায় কপার অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কিউপ্রিক ও কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করে। তপ্ত তামার পাত ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কিউপ্রিক ক্লোরাইড এবং সালফারের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কিউপ্রিক ও কিউপ্রাস সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2 \; ; \quad Cu + S = CuS \; ; \quad 2Cu + S = Cu_2S$$

(vi) **বিজারণ ধর্ম ঃ** কপার উত্তপ্ত, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পকে নাইট্রোজেনে বিজারিত করে (আগেই দেখান হয়েছে)। দ্রবণে ফেরিক লবণকে ফেরাস লবণে বিজারিত করে।

$$Fe_2(SO_4)_3 + Cu = 2FeSO_4 + CuSO_4$$

সিলভার, মার্কারি প্রভৃতি যে সকল ধাতু কপার অপেক্ষা কম ধনতড়িৎধর্মী তাদের লবণের জলীয় দ্রবণ থেকে কপার দ্বারা ঐ ধাতুগুলি প্রতিস্থাপিত হয়।

$$Cu + 2AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2Ag\downarrow$$
$$Cu + HgCl_2 = CuCl_2 + 2Hg\downarrow$$

---

* এই গ্রন্থের প্রথম খণ্ডে HNO_3, HCl, H_2SO_4 প্রভৃতির ধর্ম দ্রষ্টব্য।

কপারের যৌগসমূহ (Compounds of Copper)

কপারের যোজ্যতা 1 এবং 2, সুতরাং দুই শ্রেণীর যৌগ যথা কিউপ্রাস বা Cu(I) যৌগ এবং কিউপ্রিক বা Cu(II) যৌগ গঠন করতে পারে। কিউপ্রিক যৌগসমূহ সুস্থিত, কিউপ্রাস যৌগসমূহ বায়ুতে সাধারণত কিউপ্রিক যৌগে জারিত হয়ে যায়।

2C.2 কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) [কপার (I) অক্সাইড]

প্রস্তুতি (Preparation) : ক্ষারীয় মাধ্যমে কিউপ্রিক লবণকে বিজারিত করে কিউপ্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়। কপার সালফেট দ্রবণকে সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম সালফাইট দ্বারা ফুটিয়ে লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2CuSO_4 + 2Na_2.CO_3 + Na_2SO_3 = Cu_2O + 3Na_2SO_4 + 2CO_2$$

কপার সালফেটের ক্ষারীয় দ্রবণে গ্লুকোজ মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। Cu_2O পরিস্রাবণ করে জল দ্বারা ধুয়ে শুষ্ক করা হয়।

$$2CuSO_4 + 4NaOH + 2H \text{ (গ্লুকোজ থেকে)} \rightarrow Cu_2O + 2Na_2SO_4 + 3H_2O$$

শুষ্ক কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও সোডিয়াম কার্বনেট একটি বেসিনে নিয়ে উত্তপ্ত করলে কিউপ্রাস অক্সাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণকে জলে দ্রবীভূত করে অদ্রাব্য কিউপ্রাস অক্সাইড পরিস্রাবিত করে সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে পৃথক করা হয় এবং জল দ্বারা ধুয়ে শুষ্ক করা হয়। $Cu_2Cl_2 + Na_2CO_3 = Cu_2O + 2NaCl + CO_2$

কিউপ্রিক অক্সাইডকে ধাতব কপার সহ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CuO + Cu = Cu_2O$$

ধর্ম (Properties) : (i) কিউপ্রাস অক্সাইড লাল বর্ণের গুঁড়ো, বায়ুতে সুস্থিত, কঠিন পদার্থ। (ii) এটি জলে অদ্রাব্য। (iii) ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড—লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $Cu_2O + 2HCl = Cu_2Cl_2 + H_2O$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব কপার ও কিউপ্রিক লবণ গঠন করে।

$$Cu_2O + H_2SO_4 = CuSO_4 + Cu + H_2O$$
$$Cu_2O + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + Cu + H_2O$$

গাঢ় ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিউপ্রিক সালফেট ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিউপ্রিক নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$Cu_2O + 3H_2SO_4 = 2CuSO_4 + SO_2 + 3H_2O$$
$$3Cu_2O + 14HNO_3 = 6Cu(NO_3)_2 + 2NO + 7H_2O$$

(iv) বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কালো বর্ণের কিউপ্রিক অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করলে বিজারিত হয়ে ধাতব কপারে পরিণত হয়।

$$2Cu_2O + O_2 = 4CuO$$
$$Cu_2O + H_2 = 2Cu + H_2O$$

(v) বায়ুর অনুপস্থিতিতে গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জটিল লবণ গঠন করে।

$$Cu_2O + 4NH_4OH = 2[Cu(NH_3)_2OH] + 3H_2O$$

ব্যবহার (Uses) : লাল বর্ণের কাচ ও এনামেল প্রস্তুত করায় ব্যবহৃত হয়।

2C.3 কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) [কপার (II) অক্সাইড]

প্রস্তুতি (Preparation) : (i) ধাতব কপার, কিউপ্রাস অক্সাইড, কপার নাইট্রেট, কার্বনেট, সালফেট প্রভৃতি বায়ুতে উত্তপ্ত করলে কালো বর্ণের কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Cu + O_2 = 2CuO ; \quad 2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

(ii) বাণিজ্যিক ভিত্তিতে ম্যালাকাইট খনিজের [$CuCO_3. Cu(OH)_2$] তাপীয় বিযোজনে কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CuCO_3. Cu(OH)_2 = 2CuO + H_2O + CO_2$$

ধর্ম (Properties) : (i) অনিয়তাকার কালো গুঁড়ো কঠিন পদার্থ, জলে অদ্রাব্য।

(ii) খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নীল বর্ণের কিউপ্রিক লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

(iii) 1000°সে তাপমাত্রায় এটি লাল কিউপ্রাস অক্সাইড এবং অক্সিজেনে বিযোজিত হয়।

$$4CuO \rightleftharpoons 2Cu_2O + O_2\uparrow$$

(iv) উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইড কার্বন, কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন দ্বারা লাল ধাতব কপারে বিজারিত হয়।

$$CuO + C = Cu + CO ; \quad CuO + CO = Cu + CO_2$$
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

(v) গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নীল বর্ণের জটিল যৌগ কিউপ্রামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড গঠন করে।

$$CuO + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 3H_2O$$

ব্যবহার (Uses) : (i) রঙিন কাচ, এনামেল ও কপারের বিভিন্ন লবণ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। (ii) জৈব যৌগের বিশ্লেষণে জারক দ্রব্য হিসেবেও ব্যবহৃত হয়।

2C.4 কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড [$Cu_2(OH)_2$]

কিউপ্রাস ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ কস্টিক সোডা মেশালে ঈষৎ হলুদ বর্ণের কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই যৌগের স্থায়িত্ব কম। উত্তপ্ত করলে সহজেই লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$Cu_2Cl_2 + 2NaOH = Cu_2(OH)_2 + 2NaCl$$
$$Cu_2(OH)_2 = Cu_2O + H_2O$$

2C.5 কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড [$Cu(OH)_2$]

প্রস্তুতি (Preparation) : কিউপ্রিক লবণের নীল দ্রবণে অতিরিক্ত কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশ মেশালে হাল্কা নীল বর্ণের কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

ধর্ম (Properties) : ইহা জলে অদ্রবণীয়। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নীল বর্ণের কিউপ্রিক লবণ গঠন করে।

$$Cu(OH)_2 + H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গাঢ় নীল বর্ণের জটিল যৌগ গঠন করে।

$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

গাঢ় নীল বর্ণের $Cu(OH)_2$ এবং NH_4OH-এর দ্রবণ সোয়েজার বিকারক **(Schweitzer's reagent)** নামে পরিচিত।

ব্যবহার (Uses) (i) কাগজ, তুলা (সেলুলোজ) প্রভৃতির দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। (ii) কিউপ্রামোনিয়াম রেয়ন (Cupramonium rayon) পদ্ধতিতে কৃত্রিম সিল্ক উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

2C.6 কিউপ্রাস ক্লোরাইড বা কপার (I) ক্লোরাইড [Cu_2Cl_2]

প্রস্তুতি (**Preparation**) (i) কিউপ্রিক ক্লোরাইড বা মারকিউরিক ক্লোরাইডকে Cu-ছিলা (Cu-turnings) সহযোগে উত্তপ্ত করলে কিউপ্রাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$CuCl_2 + Cu = Cu_2Cl_2 ; \quad HgCl_2 + 2Cu = Cu_2Cl_2 + Hg$$

কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণকে সালফার ডাই-অক্সাইড, জায়মান হাইড্রোজেন, বা স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত করে কিউপ্রাস ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$2CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O = Cu_2Cl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$
$$2CuCl_2 + 2H = Cu_2Cl_2 + 2HCl$$
$$2CuCl_2 + SnCl_2 = Cu_2Cl_2 + SnCl_4$$

ধর্ম (**Properties**) : (i) কিউপ্রাস ক্লোরাইড বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। এর গলনাংক 422°সে., জলে প্রায় অদ্রবণীয়।

(ii) ইহা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে জটিল আয়ন $[CuCl_2]^-$, $[CuCl_3]^{2-}$, $[CuCl_4]^{3-}$ গঠন করে দ্রবীভূত হয়ে বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$Cu_2Cl_2 + 6HCl = 2H_3[CuCl_4]$$
(বর্ণহীন)

(iii) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণেও দ্রবীভূত হয়ে অনুরূপ বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$Cu_2Cl_2 + 2NH_4OH = 2[Cu(NH_3)H_2O]Cl$$
(বর্ণহীন)

এর HCl বা NH_4OHএ দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে যথাক্রমে সবুজ এবং গাঢ় নীল বর্ণ প্রাপ্ত হয়।

$$2Cu_2Cl_2 + 4HCl + O_2 = 4CuCl_2 + 2H_2O$$
(সবুজ)

$$Cu_2Cl_2 + NH_4OH + O_2 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]Cl_2$$
(গাঢ় নীল)

(iv) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের গাঢ় HCl দ্রবণ বা NH_4OH দ্রবণ উভয় দ্রবণই কার্বন মনোক্সাইড শোষণ করে দুঃস্থিত (unstable) যুত-যৌগ $CuCl.CO.2H_2O$ গঠন করে। অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লাল বর্ণের কপার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$Cu_2Cl_2 + C_2H_2 = Cu_2C_2\downarrow + 2HCl$$

ব্যবহার (**Uses**) : অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড বা কিউপ্রাস ক্লোরাইডের HCl দ্রবণ O_2, CO এবং C_2H_2-এর শোষকরূপে ব্যবহার করা হয়। জৈব রসায়নের কিছু কিছু সাংশ্লেষিক বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।

2C.7 কিউপ্রিক ক্লোরাইড বা কপার (II) ক্লোরাইড, ($CuCl_2.2H_2O$)

প্রস্তুতি (**Preparation**) : (i) কিউপ্রিক অক্সাইড, কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড বা কিউপ্রিক কার্বনেটকে ঘন ও তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে কিউপ্রিক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়, এইরূপে দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে কিউপ্রিক ক্লোরাইডের সোদক কেলাস $CuCl_2.2H_2O$ পাওয়া যায়।

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$
$$CuCO_3 + 2HCl = CuCl_2 + CO_2 + H_2O$$

(ii) সোদক কিউপ্রিক ক্লোরাইড কেলাসকে 150°সে. তাপমাত্রায় HCl গ্যাসের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$CuCl_2,2H_2O \xrightarrow[\text{HCl গ্যাস}]{150^\circ \text{ সে.}} CuCl_2 + H_2O\uparrow$$

তপ্ত ধাতব কপারের উপর দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করেও অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। $Cu + Cl_2 = CuCl_2$

ধর্ম (**Properties**) : (i) সোদক কিউপ্রিক ক্লোরাইড সবুজ বর্ণের (এমারী সবুজ), উদগ্রাহী কেলাসিত পদার্থ। (ii) এটি জল ও অ্যালকোহলে দ্রবণীয়। (iii) উত্তপ্ত করলে প্রথমে কেলাস জল ত্যাগ করে অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়, আরও উত্তপ্ত করলে কিউপ্রাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$CuCl_2,2H_2O \xrightarrow{-2H_2O} CuCl_2$$

$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$

(iv) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে নিয়ে ধাতব কপার দিয়ে উত্তপ্ত করলে, SO_2 পাঠালে, Zn-রজ মেশালে বা স্ট্যানাস ক্লোরাইড যোগ করলে কিউপ্রাস ক্লোরাইডে বিজারিত হয়।

$$CuCl_2 + Cu = Cu_2Cl_2\ ; \quad 2CuCl_2 + Zn = Cu_2Cl_2 + ZnCl_2$$

$$2CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O = Cu_2Cl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$

$$2CuCl_2 + SnCl_2 = Cu_2Cl_2 + SnCl_4$$

(v) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণে NaOH বা KOH দ্রবণ মেশালে কিউপ্রিক অক্সিক্লোরাইডের নীলাভ অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$2CuCl_2 + 6NaOH = CuCl_2, 3Cu(OH)_2\downarrow + 6NaCl$$

ব্যবহার (**Uses**) : ক্লোরিনের শিল্প উৎপাদনে অনুঘটকরূপে (ডিকন্ পদ্ধতিতে) এবং রং প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

2C.8 কিউপ্রিক নাইট্রেট বা কপার (II) নাইট্রেট, $[Cu(NO_3)_2, 3H_2O]$

প্রস্তুতি (**Preparation**) : (i) ধাতব কপার, কিউপ্রিক অক্সাইড, কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া করে যে নীল দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে গাঢ় ও শীতল করে কপার নাইট্রেটের সোদক কেলাস $Cu(NO_3)_2, 3H_2O$ পাওয়া যায়।

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

$$CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

ধর্ম (**Properties**) : (i) ইহা নীলবর্ণের, উদগ্রাহী কেলাসাকার কঠিন পদার্থ।

(ii) ইহা জল ও অ্যালকোহলে দ্রবণীয়।

(iii) তাপ প্রয়োগে প্রথমে কেলাসজল বেরিয়ে যায় এবং পরে আরও উত্তপ্ত করলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন নির্গত হয়।

$$Cu(NO_3)_2, 3H_2O \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 3H_2O\uparrow$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

ব্যবহার (**Uses**) : জারক দ্রব্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

2C.9 কিউপ্রিক সালফেট বা কপার (II) সালফেট, $CuSO_4,5H_2O$

[নীল ভিট্রিয়ল (Blue Vitreol)]

প্রস্তুতি (Preparation) : (i) পরীক্ষাগারে কপার ছিলা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করে অথবা কপার অক্সাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে নীল বর্ণের দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে বাষ্পীভবনের দ্বারা গাঢ় ও শীতল করে সোদক কপার সালফেট কেলাস $CuSO_4, 5H_2O$ পাওয়া যায়।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

(ii) বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে পরিত্যক্ত কপার ছিলা লেডের আস্তরণ যুক্ত লৌহ স্তম্ভে ভর্তি করে স্তম্ভের উপর থেকে লঘু H_2SO_4 ঢালা হয় এবং নীচ থেকে ধীরে ধীরে বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। স্তম্ভের নীচে সঞ্চিত দ্রবণটিকে পুনরায় পাম্পের সাহায্যে স্তম্ভের উপর থেকে ঢালা হয় এবং নীচ থেকে বায়ু প্রবাহ চালনা করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণটি উপযুক্ত পরিমাণে গাঢ় হয়। এই দ্রবণকে বাষ্পীভবনের দ্বারা গাঢ় করে সোদক কপার সালফেট ($CuSO_4, 5H_2O$) কেলাস পৃথক করা হয় :

$$2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

(iii) কপার পাইরাইটিস (Cu_2S, Fe_2S_3) খনিজ নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় বায়ু-প্রবাহের দ্বারা এমন ভাবে তাপ জারিত করা হয় যাতে কপার সালফাইড সম্পূর্ণরূপে কপার সালফেটে জারিত হয় কিন্তু আয়রন সালফাইড আয়রন অক্সাইডে জারিত হয়। তাপ জারিত কঠিন পিণ্ডকে চূর্ণ করে জল যোগ করলে কপার সালফেট দ্রবীভূত হয় কিন্তু আয়রন বা কপার অক্সাইড দ্রবীভূত হয় না। দ্রবণটি পরিস্রুত করে, বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ় করে কেলাসিত করলে কপার সালফেট কেলাস ($CuSO_4, 5H_2O$) পাওয়া যায়।

$$2(Cu_2S \cdot Fe_2S_3) + 15O_2 = 4CuSO_4 + 2Fe_2O_3 + 4SO_2$$

ধর্ম (Properties) : (i) কপার সালফেট গাঢ় নীল বর্ণের কেলাসিত কঠিন পদার্থ, 5-অণু জলসহ কপার সালফেট কেলাসিত হয়।

(ii) উন্মুক্ত বায়ুতে রেখে দিলে 30°সে. তাপমাত্রায় 2-অণু কেলাস জল ত্যাগ করে ফিকে নীল বর্ণের $CuSO_4,3H_2O$ কেলাসে পরিণত হয়। 200°সে. তাপমাত্রায় 4-অণু এবং 250°সে. তাপমাত্রায় 5-অণু কেলাস জল ত্যাগ করে সাদা অনিয়তাকার কপার সালফেটে পরিণত হয়। 750°সে. তাপমাত্রায় কিউপ্রিক অক্সাইড ও সালফার ট্রাইঅক্সাইডে বিয়োজিত হয়।

$$\underset{\text{(গাঢ় নীল)}}{CuSO_4, 5H_2O} \xrightarrow[-2H_2O]{30^\circ\text{সে.}} \underset{\text{(ফিকে নীল)}}{CuSO_4,3H_2O} \xrightarrow[-2H_2O]{200^\circ\text{সে.}} \underset{\text{(নীলাভ সাদা)}}{CuSO_4,H_2O}$$

$$\underset{\text{(নীলাভ সাদা)}}{CuSO_4,H_2O} \xrightarrow[(-H_2O)]{250^\circ\text{সে.}} \underset{\text{(সাদা গুঁড়ো)}}{CuSO_4} \xrightarrow{750^\circ\text{সে.}} \underset{\text{(কালো)}}{CuO} + SO_3\uparrow$$

জল শোষণ করে সাদা $CuSO_4$ পুনরায় নীল $CuSO_4,5H_2O$-তে পরিণত হয়।

(iii) ইহা তীব্র অ্যাসিড (H_2SO_4) এবং মৃদু ক্ষার $Cu(OH)_2$ সঞ্জাত লবণ, সুতরাং এর জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী।

$$CuSO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + 2H^+ + SO_4^{2-}$$

(iv) অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করলে হাল্কা নীল বর্ণের কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

(v) কপার সালফেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে হাল্কা নীল বর্ণের ক্ষারকীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করলে গাঢ় নীল বর্ণের জটিল লবণ কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়ে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়।

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = CuSO_4, Cu(OH)_2 \downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4 \cdot Cu(OH)_2 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4 = 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O$$

(vi) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশ্রিত করলে বাদামী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত হয় এবং সাদা কিউপ্রাস আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। সম্পূর্ণ দ্রবণটি বাদামী বর্ণ প্রাপ্ত হয়।

বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ, আয়োডাইড আয়ন আয়োডিনে জারিত হয়, কিউপ্রিক আয়ন কিউপ্রাস আয়নে বিজারিত হয়।

$$2CuSO_4 + 4KI = 2K_2SO_4 + Cu_2I_2 + I_2$$

$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$$

(vii) নীল বর্ণের কপার সালফেট দ্রবণে ধাতব জিংক যোগ করলে লাল Cu অধঃক্ষিপ্ত হয়, দ্রবণে ধাতব $ZnSO_4$ উৎপন্ন হওয়ার জন্য দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়। তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে জিংকের স্থান কপারের উপরে অবস্থিত হওয়ায় জিংক কপারকে প্রতিস্থাপিত করতে সমর্থ হয়।

$$\underset{\text{(নীল)}}{CuSO_4} + Zn = Cu \downarrow + \underset{\text{(বর্ণহীন)}}{ZnSO_4}$$

ব্যবহার (Uses): (i) তড়িৎ-লেপনে, তড়িৎ-মুদ্রণে, অশুদ্ধ কপারের তড়িৎ বিশোধনে কপার সালফেট দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) কীটনাশক রূপে, কাঠ ও চামড়া সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। (iii) রঞ্জক শিল্পেও কপার সালফেট ব্যবহৃত হয়। (iv) কোন দ্রবণে অতি সামান্য পরিমাণ জলের উপস্থিতি সনাক্তকরণে অনার্দ্র কপার সালফেট ব্যবহৃত হয়।

2C.10 কিউপ্রাস সালফেট (Cu_2SO_4)

প্রস্তুতি (Preparation): (i) বিশুদ্ধ কিউপ্রাস অক্সাইডকে ডাই-মিথাইল সালফেটের সঙ্গে উত্তপ্ত করে কিউপ্রাস সালফেটের সাদা গুঁড়ো পাওয়া যায়।

$$Cu_2O + (CH_3)_2SO_4 = Cu_2SO_4 + (CH_3)_2O$$

ধর্ম (Properties): কিউপ্রাস সালফেট অত্যন্ত দুঃস্থিত যৌগ, জলের সংস্পর্শে সঙ্গে সঙ্গে কপার ও নীল বর্ণের কপার সালফেটে বিয়োজিত হয়।

$$Cu_2SO_4 = Cu + CuSO_4$$

2C.11 ক্ষারকীয় কপার কার্বনেট [$2CuCO_3Cu\,OH)_2$]

কপার কার্বনেট ($CuCO_3$) প্রস্তুত করা যায় না। প্রকৃতিতে ক্ষারকীয় কপার কার্বনেট হিসেবে ম্যালাকাইট $CuCO_3.Cu(OH)_2$ এবং অ্যাজুরাইট $2CuCO_3.Cu(OH)_2$ পাওয়া যায়। কিউপ্রিক লবণের দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করলে সবুজ বর্ণের ক্ষারকীয় কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

সারণী 2.4 কপারের কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি ও ব্যবহার:

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
অক্সাইড: (a) কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O)	(i) $2CuSO_4 + 2Na_2CO_3 + Na_2SO_3 \rightarrow Cu_2O + 3Na_2SO_4 + 2CO_2$ (ii) $Cu_2Cl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow Cu_2O + 2NaCl + CO_2$ (iii) $CuO + Cu \xrightarrow{\text{তীব্র উত্তাপ}} Cu_2O$	লাল বর্ণের কাচ ও এনামেল প্রস্তুতিতে।

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
(b) কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO)	(i) $2Cu + O_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 2CuO$ $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 2CuO + 4NO_2 + O_2$ $CuCO_3 \xrightarrow{\Delta} CuO + CO_2$ $2CuSO_4 \xrightarrow{\Delta} 2CuO + 2SO_2 + O_2$ (ii) $CuCO_3, Cu(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} 2CuO + H_2O + CO_2$	রঙীন কাচ, এনামেল, বিভিন্ন কপার লবণ প্রস্তুতিতে, জৈব যৌগের বিশ্লেষণে জারক দ্রব্যরূপে।
হাইড্রক্সাইড : (a) কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড $[Cu_2(OH)_2]$	$Cu_2Cl_2 + 2NaOH \rightarrow Cu_2(OH)_2 + 2NaCl$	
(b) কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড $Cu(OH)_2$	$CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$	
ক্লোরাইড : (a) কিউপ্রাসক্লোরাইড Cu_2Cl_2	$CuCl_2 + Cu \rightarrow Cu_2Cl_2$ $HgCl_2 + 2Cu \rightarrow Cu_2Cl_2 + Hg$ $2CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow Cu_2Cl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$	অ্যামোনিয়া যুক্ত দ্রবণ বা HCl-এ দ্রবণ, O_2, CO এবং C_2H_2-এর শোষকরূপে।
(b) কিউপ্রিকক্লোরাইড $CuCl_2$	$CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$ $CuCO_3 + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + CO_2 + H_2O$ $\underset{\text{(শুষ্ক)}}{Cu + Cl_2} \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{(অনাদ্র)}}{CuCl_2}$	ক্লোরিনের শিল্প উৎপাদনে অনুঘটকরূপে (ডিকন পদ্ধতিতে), রঙ প্রস্তুতিতে।
নাইট্রেট : কিউপ্রিক নাইট্রেট, $Cu(NO_3)_2$	$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$ $CuO + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O$	জারক-দ্রব্যরূপে।
সালফেট : (a) কিউপ্রাস সালফেট Cu_2SO_4	$Cu_2O + (CH_3)_2SO_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} Cu_2SO_4 + (CH_3)_2O$	
(b) কিউপ্রিক সালফেট $CuSO_4, 5H_2O$	(i) $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$ (ii) $2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 \rightarrow 2CuSO_4 + 2H_2O$ (iii) $2(Cu_2S.Fe_2S_3) + 15O_2 \rightarrow 4CuSO_4 + 2Fe_2O_3 + 4SO_2$	কীটনাশকরূপে, তড়িৎ-লেপনে, তড়িৎ-মুদ্রণে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে, অনাদ্র সালফেট সামান্য পরিমাণ জলের উপস্থিতি সনাক্তকরণে।

2C.12 কপার যৌগে কপারের সনাক্তকরণ (Detection of copper in its compounds)

(a) **শুষ্ক পরীক্ষা (Dry test) :** কপার লবণের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করে চারকোল ব্লকে বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করলে চারকোলের উপর লাল বর্ণের কপারের আস্তরণ পড়ে।

(ii) গাঢ় HCl-এ সিক্ত Pt তারে কপার লবণ নিয়ে অদীপ্ত বুনসেন শিখায় ধরলে নীলাভ সবুজ বর্ণের শিখার সৃষ্টি হয়।

(iii) সোহাগাগুটি পরীক্ষায় জারণ শিখায় নীল বর্ণের গুটি এবং বিজারণ শিখায় লাল বর্ণের গুটি পাওয়া যায়।

(b) **সিক্ত পরীক্ষা (Wet test) :** (i) কপার লবণের লঘু HCl দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করলে কালো অধঃক্ষেপ (CuS) পড়ে। এই অধঃক্ষেপকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে এর মধ্যে NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে নীলাভ সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং পরে অতিরিক্ত NH_4OH যোগ করলে গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ প্রস্তুত হয়।

(ii) কিউপ্রিক লবণের অ্যাসেটিক অ্যাসিডের দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করলে চকোলেট বর্ণের কপার ফেরোসায়ানাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

(iii) কপার লবণের দ্রবণে লোহার পাত ডোবালে লোহার পাতের উপর লাল বর্ণের কপারের আস্তরণ পড়ে।

প্রশ্ন : 2.49 ধাতব কপারের ঔজ্জ্বল্য বায়ুতে রেখে দিলে নষ্ট হয় কেন ?

2.50 অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কপার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না কেন ?

2.51 ফেরিক সালফেট দ্রবণে কপার যোগ করলে কি পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় ?

2.52 কিউপ্রিক অক্সাইডকে 1000° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কি পরিবর্তন হয় ?

2.53 গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের সঙ্গে কিউপ্রিক অক্সাইডের বিক্রিয়ায় কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ? বিক্রিয়ায় বর্ণের কোন পরিবর্তন হয় কি ?

2.54 কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস ডোবালে কি পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় ?

2.55 কপারের কালো বর্ণের অক্সাইড বলতে কোন্ অক্সাইডটি বোঝা যায় ? এর লাল বর্ণের অক্সাইড বলতেই বা কোন অক্সাইডটিকে বোঝায় ?

2.56 কপার ধাতুকে কোন্ (বা কোন্ কোন্) অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা যেতে পারে ?

2.57 কিউপ্রাস অক্সাইড কি জারক এবং বিজারক উভয়রূপেই কাজ করতে পারে ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

2.58 কপার লবণের দ্রবণে একটি (i) লোহার পাত, (ii) জিংক-দণ্ড এবং (iii) সোনার পাত ডোবালে প্রতি ক্ষেত্রে কি বিক্রিয়া হতে পারে ? উত্তরের সপক্ষে ব্যাখ্যা দাও।

2D. জিঙ্ক (Zn)

জিঙ্ক ও জিঙ্ক যৌগের ধর্ম ও ব্যবহার (Properties and uses of Zinc and its compounds) :

2D.1 ভৌত ধর্ম (Physical Properties)

(i) নীলাভ-সাদা বর্ণের ধাতু, (ii) এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·14, গলনাঙ্ক 419°সে., স্ফুটনাঙ্ক 907°সে., (iii) সাধারণ তাপমাত্রায় বাণিজ্যক জিংক ভঙ্গুর কিন্তু 100—150°সে. তাপমাত্রায় এটি নমনীয় ও প্রসারণশীল হয়, এই অবস্থায় ধাতুটির পাতলা পাত ও তার প্রস্তুত করা যায়, 250°সে. তাপমাত্রায় এটি পুনরায় ভঙ্গুর হয়ে যায় এবং চূর্ণ করা যায়, বিশুদ্ধ জিংক সকল তাপমাত্রায় নমনীয়। (iv) এটি তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

2D.2 রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)

(i) **বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** বিশুদ্ধ জিংকের উপর শুষ্ক বায়ুর কোন ক্রিয়া নেই, আর্দ্র বায়ুতে জিংকের উপর ক্ষারকীয় জিংক কার্বনেটের ($ZnCO_3.3Zn(OH)_2$) সাদা আস্তরণ পড়ে। বায়ু বা অক্সিজেনের মধ্যে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করলে সবুজাভ সাদা শিখায় জ্বলে এবং জিংক অক্সাইডের সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে, এই সাদা ধোঁয়া ঘনীভূত হয়ে পশমের বা উলের আকারে জমা হয়। এইজন্য একে **'দার্শনিক উল'** (Philosopher's wool) বলে।

$$2Zn + O_2 = 2ZnO$$

(ii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :** বিশুদ্ধ জিংকের সঙ্গে জলের কোন অবস্থাতেই বিক্রিয়া হয় না। বাণিজ্যিক বা অশুদ্ধ জিংক **ফুটন্ত** জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অতিতপ্ত জিংক স্টীমের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Zn + H_2O = ZnO + H_2\uparrow$$

(iii) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** বাণিজিক জিংক লঘু HCl বা H_2SO_4-এর সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া করে আনুষঙ্গিক জিংক লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বিশুদ্ধ জিংক খুব ধীরে ধীরে অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় :

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow \;; \quad Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

বিভিন্ন গাঢ়তা ও উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিংকের বিক্রিয়ায় বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয় (১ম খন্ডের পৃঃ 125—নাইট্রিক অ্যাসিড অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O + SO_2\uparrow$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বাদামী বর্ণের ফেরিক সালফেট দ্রবণকে বর্ণহীন ফেরাস সালফেট দ্রবণে বিজারিত করে :

$$Fe_2(SO_4)_3 + Zn = ZnSO_4 + 2FeSO_4$$

(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** কস্টিক সোডা এবং কস্টিক পটাসের ঘন ও তপ্ত জলীয় দ্রবণের সঙ্গে জিংকের বিক্রিয়ায় জিংকেট লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে :

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2\uparrow$$
$$Zn + 2KOH = K_2ZnO_2 + H_2\uparrow$$

জিংক-রজ ও কস্টিক সোডার দ্রবণ সহযোগে নাইট্রেট লবণকে উত্তপ্ত করলে, নাইট্রেট লবণ বিজারিত হয়ে অ্যামোনিয়া নির্গত হয় :

$$NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH = 4Na_2ZnO_2 + 2H_2O + NH_3\uparrow$$

(v) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** উত্তপ্ত অবস্থায় জিংক ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জিংক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন প্রভৃতির সঙ্গে জিংক সরাসরি যুক্ত হয় না। অ্যামোনিয়ার সঙ্গে ধাতব জিংক উত্তপ্ত করে জিংক নাইট্রাইড প্রস্তুত করা যায় :

$$Zn + Cl_2 = ZnCl_2$$
$$3Zn + 2NH_3 = Zn_3N_2 + 3H_2\uparrow$$

(vi) জিংকের থেকে কম তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু (যথা Pb, Cu, Ag, Au প্রভৃতি) তাদের লবণের জলীয় দ্রবণ থেকে Zn দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় :

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu\downarrow$$

2D.3 ব্যবহার (Uses)

(i) লোহায় মরিচা ধরা বন্ধ করার জন্য লোহার উপর জিংকের প্রলেপ দেওয়া হয়। প্রথমে লোহার পাত বা বস্তুটি বালি দিয়ে পরিষ্কার করার পর বস্তুটি লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ডুবিয়ে লোহার উপরের মরিচা অপসারিত করা হয়, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (গালক হিসেবে) মিশ্রিত গলিত জিংকের মধ্যে এই লোহার বস্তুটি ডুবিয়ে তুলে নিলে লোহার উপর জিংকের একটি পাতলা আস্তরণ

পড়ে—এই পদ্ধতিকে জিংক প্রলেপন বা **গ্যালভানাইজেশন** (Galvanisation) বলে। এইরূপে জিংক প্রলেপ যুক্ত লোহকে **গ্যালভানাইজড আয়রন** বলে। লোহনির্মিত বস্তুকে জিংক-রজ দিয়ে উত্তপ্ত করেও জিংকের প্রলেপ দেওয়া যায়। এই প্রক্রিয়াকে **শেরারডাইজিং** (Sherardizing) বলে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতেও জিংক প্রলেপ দেওয়া হয়। জিংক প্রলেপ দেওয়া লোহপাত্র খাদ্যদ্রব্য রাখার কাজে ব্যবহার করা উচিত নয় কারণ জিংক বিষাক্ত পদার্থ। (ii) জিংকের ছিবড়া বা গুঁড়া বিজারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। (iii) জিংকের বহু গুরুত্বপূর্ণ ধাতু সংকর আছে, যথা—পিতল, ব্রোঞ্জ, জার্মান সিলভার ইত্যাদি। (iv) জিংক হোয়াইট (zinc white) নামক একপ্রকার সাদা রং প্রস্তুতিতে জিংক ব্যবহৃত হয়। (v) শুষ্ক ব্যাটারী (dry cell) প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে জিংক ব্যবহৃত হয়।

জিঙ্কের যৌগসমূহ (Compounds of Zinc)

2D.4 জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO)

প্রকৃতিতে জিঙ্কাইট খনিজ হিসেবে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) : (i) বায়ুর উপস্থিতিতে জিংককে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে জিংক সাদা সবুজাভ শিখায় জ্বলতে থাকে এবং জিংক অক্সাইডের সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। এই ধোঁয়াকে শীতক কক্ষে ঘনীভূত করে পশম বা উলের আকারে সাদা জিংক অক্সাইড সংগ্রহ করা হয়, ইহা দার্শনিকের উল (Philosopher's wool) নামে পরিচিত : $2Zn + O_2 = 2ZnO$

ফার্মেসিতে মলম তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় জিংক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়, জিংক সালফেট দ্রবণের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট মিশিয়ে ক্ষারকীয় জিংক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত করে এবং সেই ক্ষারকীয় জিংক কার্বনেটকে উত্তপ্ত করে : $ZnCO_3 \cdot Zn(OH)_2 = 2ZnO + CO_2 + H_2O$

ধর্ম (Properties) : (i) সাদা, অনিয়তাকার গুঁড়ো পদার্থ, জলে অদ্রবনীয়।

(ii) ইহা উভধর্মী অক্সাইড অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে : $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$; $ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$

(iii) ZnO উত্তপ্ত করলে হলুদ এবং শীতল অবস্থায় সাদা, সামান্য কোবাল্ট নাইট্রেট সহ উত্তপ্ত করলে সবুজ বর্ণের কোবাল্ট জিংকেট $CoZnO_2$ যৌগ গঠিত হয়, ইহা Rinnmann's green নামে পরিচিত। $Co + ZnO_2 = CoZnO_2$

(ix) উচ্চ তাপমাত্রায় ZnO, C বা H_2 দ্বারা বিজারিত হয়ে Zn উৎপন্ন হয়।

$$ZnO + C = Zn + CO \; ; \; ZnO + H_2 = Zn + H_2O$$

ব্যবহার (Uses) (i) ZnO জিংক হোয়াইট নামক সাদা রং প্রস্তুত করতে, মলম প্রস্তুতিতে, রবার শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

2D.5 জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড [$Zn(OH)_2$]

জিংক লবণের জলীয় দ্রবণে পরিমিত পরিমাণে ক্ষারীয় হাইড্রক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করলে সাদা জেলির ন্যায় জিংক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে, অতিরিক্ত ক্ষারে জিংকেট লবণ এবং অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে বর্ণহীন জটিল যোগ $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়।

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$
$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

ধর্ম (Properties) : (i) ইহা সাদা গুঁড়ো, জলে স্বল্প দ্রাব্য পদার্থ। (ii) উত্তপ্ত করলে জল ত্যাগ করে অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$Zn(OH)_2 = ZnO + H_2O$$

(iii) ইহা উভধর্মী হাইড্রক্সাইড, অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়েই দ্রবীভূত হয় :

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$$

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

2D.6 জিঙ্ক ক্লোরাইড ($ZnCl_2, H_2O$)

(i) ধাতব জিংক, জিংক অক্সাইড, জিংক কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে জিংক ক্লোরাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়, এই দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে সোদক জিংক ক্লোরাইড $ZnCl_2, H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়। এই সোদক জিংক ক্লোরাইড কেলাসকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না, কারণ এতে ক্ষারকীয় জিংক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$ZnCl_2.H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)Cl + HCl$$

$$2ZnCl_2 + H_2O \rightleftharpoons ZnCl_2, ZnO + 2HCl$$

(it) **অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড :** উত্তপ্ত জিংকের উপর দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস বা HCl গ্যাস পাঠিয়ে অথবা শুষ্ক ক্লোরিনে জিংক অক্সাইড উত্তপ্ত করে অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সোদক জিংক ক্লোরাইড শুষ্ক HCl প্রবাহে উত্তপ্ত করেও অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

$$2ZnO + 2Cl_2 = 2ZnCl_2 + O_2\uparrow$$

$$Zn + Cl_2 = ZnCl_2$$

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

ধর্ম (Properties) : (i) জিংক ক্লোরাইড বর্ণহীন কেলাসাকার, উদগ্রাহী পদার্থ, জলে অতি মাত্রায় দ্রাব্য, এছাড়া অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন প্রভৃতি জৈব দ্রাবকেও দ্রাব্য। (ii) জলীয় দ্রবণ আংশিক ভাবে আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হয়।

$$ZnCl_2 + H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)Cl + HCl$$

ব্যবহার (Uses) : (i) অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড জল শোষক রূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) বহু জৈব যৌগ সংশ্লেষণে অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হয়। (iii) কাঠের পচন নিবারণে, রাং ঝালাই এবং তৈল শোধনের কাজে ব্যবহৃত হয়। (iv) অস্ত্রোপচারে ও দন্ত চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়। (v) ধাতু ঝালাই, সক্রিয় অঙ্গার, পার্চমেন্ট কাগজ এবং তন্তু প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (vi) জীবাণু নাশকরূপে জিংক ক্লোরাইডের ব্যবহার আছে।

2D.7 জিঙ্ক নাইট্রেট, $Zn(NO_3)_2$

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতব জিংক, জিংক অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড অথবা কার্বনেটের বিক্রিয়ায় জিংক নাইট্রেটের দ্রবণ প্রস্তুত হয়। এই দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে জিংক নাইট্রেটের সোদক কেলাস $Zn(NO_3)_2, 6H_2O$ পাওয়া যায়।

$$ZnO + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O$$

ধর্ম (Properties) : (i) এটি অত্যন্ত উদগ্রাহী পদার্থ, সহজেই জলে দ্রবণীয়, 140° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে জিংক অক্সাইড, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে বিযোজিত হয়।

$$2Zn(NO_3)_2 = 2ZnO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

2D.8 জিঙ্ক সালফেট, $ZnSO_4, 7H_2O$

একে সাদা ভিট্রিয়ল বলা হয়।

(1) ধাতব জিংক, জিংক অক্সাইড বা কার্বনেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত

করে পরীক্ষাগারে জিংক সালফেট প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত জিংক সালফেট দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে সোদক জিংক সালফেট কেলাস $ZnSO_4\text{-}7H_2O$ পাওয়া যায়ঃ

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow ; \qquad ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

(2) বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে জিংক ব্লেন্ড, (ZnS)-কে 700° সে. তাপমাত্রার নীচে সতর্কতার সঙ্গে তাপজারিত করে জিংক সালফেটে ($ZnSO_4$) পরিণত করা হয়। (বেশী তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ZnO-তে পরিণত হয়)। এই তাপজারিত পদার্থটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা দ্রবীভূত করে পরিস্রাবিত করা হয়। পরিস্রুতকে গাঢ় করে 30° সে. তাপমাত্রার নীচে ঠান্ডা করলে জিংক সালফেটের বর্ণহীন কেলাস পৃথক হয়।

$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$$

ধর্ম (Properties): (i) সাদা ভিট্রিয়ল বর্ণহীন কেলাসিত পদার্থ। এটি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। (ii) সাদা ভিট্রিয়ল এপসম লবণ ($MgSO_4\text{-}7H_2O$) এবং সবুজ ভিট্রিয়লের ($FeSO_4\text{-}7H_2O$) সঙ্গে সমাকৃতি সম্পন্ন।

(iii) পটাসিয়াম সালফেট বা অ্যামোনিয়াম সালফেটের সঙ্গে দ্বিলবণ গঠন করে, যথা $K_2SO_4, ZnSO_4, 6H_2O$।

(iv) সোদক লবণকে 450° সে. তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র হয়ে যায় এবং আরও বেশী তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিযোজিত হয়ে ZnO, SO_2 এবং O_2 উৎপন্ন করে।

$$2ZnSO_4 = 2ZnO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

ব্যবহার (Uses): (i) লিথোফোন (Lithopone) নামক সাদা রং প্রস্তুতিতে (জিংক সালফাইড ও বেরিয়াম সালফেটের মিশ্রণ) এইভাবে প্রস্তুত করা যায়।

$$BaS + ZnSO_4 = BaSO_4 + ZnS$$

(ii) চক্ষু রোগের ওষুধ প্রস্তুতিতে।

2D.9 জিঙ্ক কার্বনেট $ZnCO_3$

ক্যালামাইন আকরিক রূপে জিংক কার্বনেট প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

জিঙ্কের কোন লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম বাইকার্বনেট যোগ করলে জিংক কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে; কিন্তু জিংক লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করলে ক্ষারকীয় জিংক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ

$$ZnSO_4 + NaHCO_3 = ZnCO_3\downarrow + NaHCO_3$$

$$3ZnSO_4 + Na_2CO_3 + 5H_2O = ZnCO_3, 2Zn(OH)_2, H_2O + Na_2SO_4 + 2H_2SO_4$$

ধর্ম (Properties): (i) জিংক কার্বনেট সাদা অনিয়তাকার গুঁড়ো পদার্থ, জলে অদ্রবনীয়। (ii) ইহা উত্তাপে বিযোজিত হয়ে জিংক অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে জিংক লবণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$ZnCO_3 = ZnO + CO_2\uparrow$$

$$ZnCO_3 + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$$

ব্যবহার (Uses): এটি চর্মরোগে ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়। জিঙ্কের অন্যান্য যৌগ জিংক কার্বনেট থেকে প্রস্তুত করা হয়।

সারণী 2.5 : জিঙ্কের কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি ও ব্যবহার :

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
অক্সাইড ZnO	(i) $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$	সাদা রঙ প্রস্তুতিতে, মলম প্রস্তুতিতে ও রবার শিল্পে।
হাইড্রক্সাইড $Zn(OH)_2$	$ZnSO_4 + 2NaOH \rightarrow Zn(OH)_2 + Na_2SO_4$ (পরিমিত)	
ক্লোরাইড সোদক : $ZnCl_2, H_2O$	$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$ $ZnCO_3 + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + CO_2 + H_2O$	
অনার্দ্র ক্লোরাইড	$Zn + Cl_2$ (শুষ্ক) $\rightarrow ZnCl_2$ $2ZnO + 2Cl_2 \rightarrow 2ZnCl_2 + O_2$ $Zn + 2HCl$ (শুষ্ক) $\rightarrow ZnCl_2 + H_2$	অনার্দ্র ক্লোরাইড জল শোষকরূপে, অস্ত্রোপচারে ও দন্ত চিকিৎসায়, জীবাণুনাশকরূপে।
নাইট্রেট $Zn(NO_3)_2$	$ZnO + 2HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O$	
সালফেট $ZnSO_4, 7H_2O$	$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$ $ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O$ $ZnS + 2O_2 \rightarrow ZnSO_4$	সাদা রঙ লিথোফোন প্রস্তুতিতে, চক্ষুরোগের ঔষধ প্রস্তুতিতে, চামড়া সংরক্ষণে।
কার্বনেট $ZnCO_3$	$ZnSO_4 + NaHCO_3 \rightarrow ZnCO_3 + NaHSO_4$	অন্যান্য জিঙ্ক যৌগ প্রস্তুতিতে, চর্মরোগের ঔষধ প্রস্তুতিতে।

প্রশ্ন : 2.51 দার্শনিকের উল কি বস্তু ?

2.52 লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করলে কি পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় ?

2.53 গ্যালভানাইজড আয়রন বলতে কি বোঝ ?

2.54 জিঙ্ক অক্সাইডকে সামান্য কোবাল্ট নাইট্রেট মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করলে কি পরিবর্তন হয় ?

2.55 জিঙ্ক লবণের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করলে কি যৌগ উৎপন্ন হয় ?

2.56 জিঙ্ক অক্সাইড কি ধরনের অক্সাইড ?

2.57 সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করে অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না কেন ?

2.58 লিথোফোন কি বস্তু ?

2.59 সাদা ভিট্রিয়লের সংকেত কি ? সাদা ভিট্রিয়লের সঙ্গে সমাকৃতি সম্পন্ন এমন দুটি যৌগের নাম করতে পার কি ?

2E. অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)

2E.1 অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম (Properties of Aluminium)

A. ভৌতধর্ম (Physical properties) : (1) রূপোর ন্যায় চকচকে নীলাভ-সাদা, হাল্কা ধাতু। আপেক্ষিক গুরুত্ব 2'7, গলনাংক 658°সে. (2) ধাতুটি নমনীয় ও ঘাতসহ, একে টেনে বা পিটিয়ে সরু তারে বা পাতলা পাতে পরিণত করা যায়। (3) এটি তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী

B. রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) :

(1) **বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** আর্দ্র বায়ুতে অ্যালুমিনিয়ামের উপর এর অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে। অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ বায়ুতে উত্তপ্ত করলে উজ্জ্বল সাদা শিখায় জ্বলে উঠে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3 ; \qquad 2Al + N_2 = 2AlN$$

(2) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :** সাধারণ উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়া হয় না (কারণ অ্যালুমিনিয়ামের উপর উহার অক্সাইডের যে আস্তরণ পড়ে সেটি অ্যালুমিনিয়ামকে ক্ষয়রোধী করে) লবণাক্ত জল দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম আক্রান্ত হয়। অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম জলকে শীতল অবস্থাতেও বিয়োজিত করে। Al-চূর্ণ জলকে বিয়োজিত করে। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2\uparrow$$

(3) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** লঘু বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন মুক্ত হয়।

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড এবং লঘু বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম আক্রান্ত হয় না। গাঢ় তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডে অ্যালুমিনিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেটরূপে দ্রবীভূত হয় এবং সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$$

(4) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাস দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করলে এটি অ্যালুমিনেট লবণ রূপে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2\uparrow$$

$$2Al + 2KOH + 2H_2O = 2KAlO_2 + 3H_2\uparrow$$

গাঢ় ও তপ্ত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণেও অ্যালুমিনিয়াম দ্রবীভূত হয়। এক্ষেত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় :

$$2Al + Na_2CO_3 + 3H_2O = 2NaAlO_2 + CO_2\uparrow + 3H_2\uparrow$$

(5) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** অতি উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম সরাসরি নাইট্রোজেন, ক্লোরিন, সালফার, কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রাইড(AlN), ক্লোরাইড ($AlCl_3$), সালফাইড (Al_2S_3) এবং কার্বাইড (Al_4C_3) উৎপন্ন করে।

$$2Al + N_2 = 2AlN ; \qquad 2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$$

$$2Al + 3S = Al_2S_3 ; \qquad 4Al + 3C = Al_4C_3$$

(6) **বিজারণ ক্রিয়া :** উচ্চ তাপমাত্রায় (100°সে. এর বেশী) , অক্সিজেনের প্রতি অ্যালুমিনিয়ামের রাসায়নিক আসক্তি অত্যন্ত বেশী। এই তাপমাত্রায় Fe_2O_3, Cr_2O_3, MnO_2 প্রভৃতি অক্সাইড Al-দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতু উৎপন্ন হয় :

$$2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe\,;\quad 4Al + 3MnO_2 = 2Al_2O_3 + 3Mn$$

1 : 3 ওজন অনুপাতে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ এবং ফেরিক অক্সাইড মিশ্রণকে থার্মিট মিশ্রণ বলে। অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত পাত্রে এই মিশ্রণ নিয়ে এর মধ্যে কিছু পটাসিয়াম ক্লোরেট, বেরিয়াম পারঅক্সাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ রেখে ঐ মিশ্রণের ভিতরে একটি ম্যাগনেসিয়াম ফিতা ঢুকিয়ে



চিত্র 2E.1 : থার্মিট পদ্ধতি।

দেওয়া হয়। ম্যাগনেসিয়াম ফিতায় অগ্নি সংযোগ করলে পটাসিয়াম ক্লোরেট জ্বলে ওঠে এবং তীব্র তাপের সৃষ্টি হয় ফলে ফেরিক অক্সাইড অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা বিজারিত হয়ে গলিত আয়রনে পরিণত হয়। এই গলিত আয়রন দ্বারা ভাঙ্গা রেল, ভাঙ্গা যন্ত্রাংশ জোড়া দেওয়া যায়।

ব্যবহার (Uses) : (i) অ্যালুমিনিয়াম হাল্কা ধাতু বলে এর দ্বারা মোটর গাড়ী, এরোপ্লেন প্রভৃতির কাঠামো তৈরি করা হয়। (ii) তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী হওয়ার জন্য রান্নার বাসনপত্র এবং তড়িৎ-পরিবাহী তার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (iii) অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ রং, বার্নিশ ও বাজি (Fire work) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। (iv) থার্মিট পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশণে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়। (v) ফটোগ্রাফিক ফ্ল্যাস লাইটে, অ্যালুমিনিয়াম পাত সিগারেট, চকোলেট প্রভৃতির মোড়ক তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(vi) বহু প্রয়োজনীয় ধাতু সংকর অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। যেমন ডুরালুমিন (Al 95%, Cu 4%, Mg 0·5%, Mn 0·5%), ম্যাগনেলিয়াম (Al 98%, Mg 2%) ; অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ (Al 10%, Cu 90%), অ্যালনিকো (Al20%, Ni 20%, Co 10%, ইস্পাত 50%)

অ্যালুমিনিয়ামের যৌগসমূহ (Compounds of Aluminium)

2E.2 অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, অ্যালুমিনা (Al_2O_3)

প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। কোরান্ডাম নামক অনার্দ্র বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়। অন্যান্য ধাতু যুক্ত অ্যালুমিনার সুন্দর বর্ণের স্বচ্ছ স্ফটিক মূল্যবান রত্ন রূপে পরিচিত ; যেমন চুনী, পান্না, নীলা, পোখরাজ প্রভৃতি। এছাড়া প্রকৃতিতে সোদক অ্যালুমিনা বক্সাইট, জিবসাইট হিসেবে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) : (1) প্রাকৃতিক অ্যালুমিনিয়াম আকরিক থেকে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতি অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন অধ্যায়ে বিশদ ভাবে আলোচিত হয়েছে।

(2) পরীক্ষাগারে অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণের সঙ্গে পরিমিত পরিমাণ অ্যামোনিয়াম

হাইড্রক্সাইড বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত করে $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত করে পৃথক করার পর তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে Al_2O_3 প্রস্তুত করা হয় :

$$AlCl_3 + 3NH_4OH = 3NH_4Cl + Al(OH)_3 \downarrow$$
$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

(3) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম অ্যালাম বা অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেটকে তীব্র ভাবে, উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2$$
$$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O = Al_2O_3 + 25H_2O + 4SO_2 + 2NH_3$$
অ্যামোনিয়াম অ্যালাম
$$4Al(NO_3)_2 = 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$$

ধর্ম (Properties) : (1) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অনিয়তাকার সাদা গুঁড়ো, জলে অদ্রাব্য, উচ্চ গলনাঙ্ক (2050°সে.-এর বেশী) বিশিষ্ট পদার্থ।

(2) এটি উভধর্মী অক্সাইড, অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$
$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

(3) ইহা খুবই স্থিতিশীল বলে কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করা যায় না।

(4) উচ্চ তাপমাত্রায় কোবলট নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নীল বর্ণের কোবাল্ট অ্যালুমিনেট $Co[Al_2O_4]$ বা থেনার্ডের ব্লু (**Thenard's blue**) নামক যৌগ উৎপন্ন করে।

$$2Co(NO_3)_2 = 2CoO + 4NO_2 + O_2$$
$$CoO + Al_2O_3 = Co[Al_2O_4]$$

(5) সাধারণ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অ্যাসিডে দ্রাব্য কিন্তু একে 860°সে. তাপমাত্রার উপরে উত্তপ্ত করলে বা পোড়ালে সেই পোড়া Al_2O_3 অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

ব্যবহার (Uses) : (i) অ্যালুমিনিয়ামের শিল্পোৎপাদনে এবং অ্যালাম প্রস্তুতিতে অ্যালুমিনা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (ii) কোরান্ডাম ও এমারী খুব শক্ত, বিভিন্ন শক্ত কঠিন পদার্থ বিচূর্ণ করতে ও পালিসের কাজে ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে কৃত্রিম কোরান্ডাম, অ্যালান্ডাম নামে পরিচিত, বক্সাইটের সঙ্গে 2% কোক, 2% আয়রন মিশ্রিত করে 3000°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে এই অ্যালান্ডাম প্রস্তুত করা হয়।

2E.3 অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড $Al(OH)_3$

প্রস্তুতি (Preparation) : অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশিয়ে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$AlCl_3 + 3NH_4OH = 3NH_4Cl + Al(OH)_3 \downarrow$$

অ্যালুমিনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেটের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3Na_2SO_4 + 3CO_2 \uparrow$$

ধর্ম (Properties) : অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অনিয়তাকার সাদা, উভধর্মী যৌগ। অ্যাসিড ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$
$$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$$

উত্তপ্ত করলে এটি অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

ব্যবহার (Uses) : (i) বস্ত্র রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক (mordant) রূপে, (ii) পানীয় জল পরিশোধনে, (iii) সুতী বস্ত্রকে জল নিরোধক (water proofing) করতে, (iv) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে 200—250° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে আংশিক অনার্দ্র করা হয়। এই আংশিক অনার্দ্র পদার্থটিকে অ্যালুমিনা জেল বলা হয়। ক্রোমেটোগ্রাফি বিশ্লেষণে (Chromatographic analysis) অ্যালুমিনাজেল অবশোষক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

2E.4 অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড $AlCl_3.6H_2O$

ধাতব অ্যালুমিনিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড কেলাস পৃথক করা হয়।

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড কেলাসকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় না, কারণ তাপ প্রয়োগে সোদক লবণ বিয়োজিত হয়ে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয় : $$2[AlCl_3 6H_2O] = Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

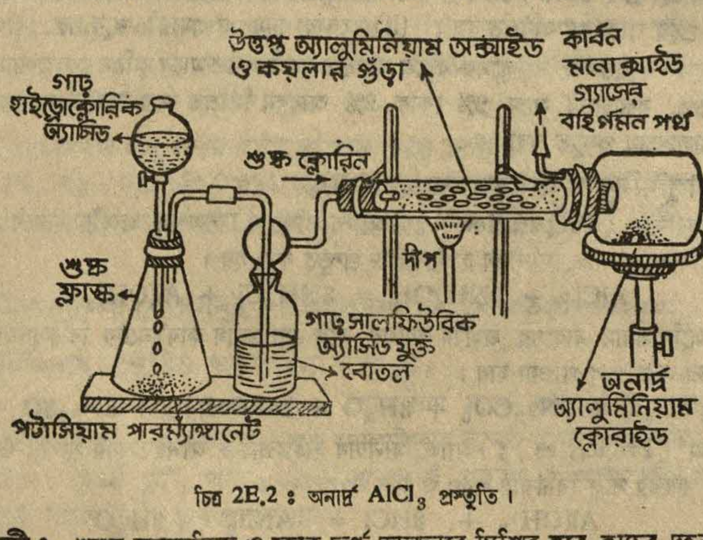
অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতি

(1) উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম ছিলার উপর দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালনা করলে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় :

$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$$
$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

(2) বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও কোক চূর্ণের মিশ্রণকে 1000°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে তার উপর দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিন প্রবাহিত করা হয়। অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উর্ধ্বপাতিত হয়ে শুষ্ক গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয় :

$$Al_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2AlCl_3 + 3CO$$



চিত্র 2E.2 : অনার্দ্র $AlCl_3$ প্রস্তুতি।

প্রণালী : শুষ্ক অ্যালুমিনা ও কোক চূর্ণ ভালভাবে মিশ্রিত করে কাচের দহন নলে ভরা হয়। কাচ নলের এক প্রান্তে ক্লোরিন গ্যাস প্রবেশের আগম নল এবং অপর প্রান্ত অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ঘনীভবনের জন্য ব্যবহৃত বড় একটি বোতলের সঙ্গে যুক্ত থাকে (চিত্র 2E.2)। উদ্বৃত্ত ক্লোরিন ও কার্বন মনোক্সাইড নির্গমনের জন্য এই ঘনীভবন বোতল বা গ্রাহক বোতলের সঙ্গে একটি

নল যুক্ত থাকে, এই নলের সঙ্গে একটি সোডালাইম পূর্ণ রক্ষক নল যুক্ত থাকে যাতে বাইরে থেকে কোন জলীয় বাষ্প ভিতরে প্রবেশ করতে না পারে।

দহন নলটি তীব্রভাবে 1000°সে. তাপমাত্রার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করা হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা ক্লোরিন গ্যাস দহন নলে রক্ষিত অ্যালুমিনা কার্বন মিশ্রণের উপর দিয়ে প্রবাহিত করা হয়। অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বাষ্পীভূত হয়ে ঘনীভবন বোতলে সঞ্চিত হয়।

ধর্ম (**Properties**) : (i) সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বর্ণহীন কেলাসাকার, কঠিন পদার্থ। (ii) ইহা জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক, কারণ এটি তীব্র অ্যাসিড (HCl) এবং মৃদু ক্ষারক $[Al(OH)_3]$ এর লবণ :

$$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HCl$$

(iii) উত্তপ্ত করলে বিযোজিত হয় :

$$2(AlCl_3.6H_2O) = Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

(iv) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড সাদা কেলাসাকার, অত্যন্ত উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ। আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হাইক্লোরিক গ্যাস নির্গত করে।

(v) 183°সে. তাপমাত্রায় উর্ধ্বপাতিত হয়। অতিরিক্ত জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। বেনজিন, টলুইন প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়।

(vi) এটি লুইস ক্ষারকের (Lewis base) যেমন NH_3, PH_3 প্রভৃতির সঙ্গে যুত যৌগ গঠন করে : $AlCl_3 + 6NH_3 = AlCl_3.6NH_3$

(vii) 400° সে. তাপমাত্রায় এর বাষ্পীয় ঘনত্ব থেকে দেখা যায় এটি দ্বি-অণুক (dimeric) Al_2Cl_6 এবং 400°সে. তাপমাত্রার উর্ধ্বে বিয়োজিত হতে থাকে। 900° সে. তাপমাত্রায় বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়ে এক অণুক (monomer) হয় : $Al_2Cl_6 \rightleftharpoons 2AlCl_3$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উদ্বায়িতা, জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হওয়া এবং গলিত অবস্থায় তড়িতের উত্তম পরিবাহী না হওয়া থেকে প্রমাণিত হয় ইহা সমযোজী যৌগ।

ব্যবহার (**Uses**) : (i) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড সাংশ্লেষিক জৈব বিক্রিয়ায় অনুঘটক হিসেবে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (ii) পেট্রোলিয়াম শিল্পেও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

2E.5 অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট $[Al(NO_3)_3, 9H_2O]$

প্রস্তুতি (**Preparation**) : (1) অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে বাষ্পায়িত করে গাঢ় করে এবং গাঢ় দ্রবণকে শীতল করলে সোদক অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট কেলাস $Al(NO_3)_3.9H_2O$ পাওয়া যায় :

$$Al(OH)_3 + 3HNO_3 = Al(NO_3)_3 + 3H_2O$$

(2) পরিমাণ মত অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও লেড নাইট্রেট দ্রবণ একসঙ্গে মেশালে লেড সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট দ্রবণে থাকে। পরিস্রাবণের পর পরিস্রুতকে গাঢ় ও শীতল করে $Al(NO_3)_3.9H_2O$ কেলাস পৃথক করা হয়।

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Pb(NO_3)_2 = 2Al(NO_3)_3 + 3PbSO_4 \downarrow$$

ধর্ম (**Properties**) : (i) সোদক অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট বর্ণহীন কেলাসিত উদগ্রাহী পদার্থ। (ii) জল ও অ্যালকোহলে দ্রবণীয়, এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক (আর্দ্র-বিশ্লেষণ জনিত কারণে)। $Al(NO_3)_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3HNO_3$

(iii) উত্তপ্ত করলে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। $4Al(NO_3)_3 = 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট প্রস্তুত করা যায় না।

ব্যবহার (**Uses**) **:** গ্যাস ম্যাণ্টেল প্রস্তুত করতে ; বস্ত্র রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক (mordant) হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

2E.6 অ্যালুমিনিয়াম সালফেট $Al_2(SO_4)_3,18H_2O$

প্রস্তুতি (**Preparation**) **:** (i) অ্যালুমিনিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা সদ্য প্রস্তুত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। এই দ্রবণকে বাষ্পায়িত করে গাঢ় করে গাঢ় দ্রবণকে শীতল করলে সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের কেলাস $Al_2(SO_4)_3,18H_2O$ পৃথকীকৃত হয় :

$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$$
$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
$$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$

(ii) শিল্পভিত্তিতে সাধারণত বক্সাইটকে ($Al_2O_3.2H_2O$) 62% সালফিউরিক অ্যাসিডে দীর্ঘক্ষণ ধরে উত্তপ্ত করে দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণকে কেলাসিত করে অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের কেলাস পাওয়া যায়, এর মধ্যে ফেরিক সালফেট মিশ্রিত থাকে, এই মিশ্রিত ফেরিক সালফেটকে আংশিক কেলাসন পদ্ধতিতেও পৃথক করা যায় না, কারণ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও ফেরিক সালফেট সমাকৃতি (isomorphous) সম্পন্ন যৌগ। এই অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট কেলাসকে অ্যালাম কেক বা অ্যালিমিনো ফেরিক বলা হয়। ইহা জল পরিশোধনে ব্যবহৃত হয়।

চিনামাটি (kaolin) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা যায় :

$$Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O\ (\text{চিনামাটি}) + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2SiO_2 + 5H_2O$$

অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে সোডিয়াম সালফাইড মিশিয়ে ফেরিক সালফেটকে ফেরাস সালফেটে বিজারিত করা হয়। এখন এই দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে বিশুদ্ধ সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট কেলাস পৃথক করা হয়।

ধর্ম (**Properties**) **:** (i) সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট বর্ণহীন কেলাসিত পদার্থ। জলে দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী। সেইজন্য অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে Na_2CO_3 বা $NaHCO_3$ যোগ করে অ্যালুমিনিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায় না, CO_2 নির্গত হয়।

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{2-}$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaHCO_3 = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2\uparrow$$

(ii) অল্প তাপমাত্রায় (340°সে. পর্যন্ত) ইহা কেলাস জল ত্যাগ করে অনার্দ্র হয়, কিন্তু তাপমাত্রা বাড়ালে (640°সে. তাপমাত্রায়) বিযোজিত হয়ে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$Al_2(SO_4)_3.18H_2O \xrightarrow[-18H_2O]{340^\circ\text{সে.}} Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{640^\circ\text{সে.}} Al_2O_3 + SO_2 + O_2$$

$$[2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2]$$

(iii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ক্ষার ধাতুর সালফেট এবং অ্যামোনিয়াম সালফেটের সঙ্গে দ্বি-লবণ গঠন করে, এই সব লবণ অ্যালাম নামে পরিচিত (অ্যালামের বৃহদায়তন প্রস্তুতি পরের অধ্যায়ে আলোচিত হয়েছে), অ্যালামের সাধারণ সংকেত হল :

$$M_2^{I}SO_4.M_2^{III}(SO_4)_3.24H_2O\quad (M^{I} = Na, K, NH_4\ ;\ M^{III} = Al, Fe, Cr\ \text{ইত্যাদি})$$

পটাস অ্যালাম $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$ ফটকিরি বা সাধারণ অ্যালাম (common alum) নামে পরিচিত।

ব্যবহার (Uses) : (i) রঞ্জন ও ছাপার কাজে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট রাগবন্ধক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) কাগজ ও চর্ম শিল্পে, জলবিশোধনে (কিছু অশুদ্ধি থিতিয়ে অধঃক্ষিপ্ত করতে) ব্যবহৃত হয়। (iii) ফটকিরি প্রস্তুতিতে এবং অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম কার্বনেট ও বাইকার্বনেট : Al_2O_3 এবং $Al(OH)_3$ অতি মৃদু ক্ষারক, সুতরাং অতি মৃদু অ্যাসিড কার্বনিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের কোন কার্বনেট বা বাইকার্বনেট লবণ গঠন সম্ভব নয়।

সারণী 2.5 অ্যালুমিনিয়ামের কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি ও ব্যবহার :

অক্সাইড Al_2O_3	(i) $AlCl_3+3NH_4OH \rightarrow Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$ $2Al(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3+3H_2O$ (ii) $2Al_2(SO_4)_3 \xrightarrow{\Delta} 2Al_2O_3+6SO_2 +3O_2$ $4Al(NO_3)_3 \xrightarrow{\Delta} 2Al_2O_3+12NO_2+3O_2$ (iii) বক্সাইট $\xrightarrow{\text{বিশোধন}}$ Al_2O_3	অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে, অ্যালাম প্রস্তুতিতে। কোরাণ্ডাম ও এমারী শক্ত কঠিন পদার্থ চূর্ণ করতে, পালিশের কাজে।
হাইড্রক্সাইড $Al(OH)_3$	$AlCl_3+3NH_4OH \rightarrow Al(OH)_3+3NH_4Cl$ $Al_2(SO_4)_3+3Na_2CO_3+3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3+3Na_2SO_4+3CO_2$	বস্ত্ররঞ্জন শিল্পে, সুতী বস্ত্রকে জলনিরোধক করতে, পানীয় জল পরিশোধনে।
ক্লোরাইড (a) সোদক $AlCl_3, 6H_2O$ (b) অনার্দ্র $AlCl_3$	$Al(OH)_3+3HCl \rightarrow AlCl_3+3H_2O$, $2Al+6HCl \rightarrow 2AlCl_3+3H_2$ $2Al+3Cl_2$ (শুষ্ক) $\rightarrow 2AlCl_3$ $2Al+6HCl$ (শুষ্ক) $\rightarrow 2AlCl_3+3H_2$ $Al_2O_3+3C+3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3+3CO$	অনার্দ্র ক্লোরাইড সাংশ্লেষিক জৈব বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে, পেট্রোলিয়াম শিল্পে নিরুদক-রূপে।
নাইট্রেট $Al(NO_3)_3, 9H_2O$	(i) $Al(OH)_3+3HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3+3H_2O$ (ii) $Al_2(SO_4)_3+3Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2Al(NO_3)_3+3PbSO_4$	গ্যাস-ম্যান্টেল প্রস্তুত করতে, বস্ত্ররঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক-রূপে।
সালফেট $Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$	$2Al+6H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3+6H_2O+3SO_2$ $Al_2O_3+3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3+3H_2O$ $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O+3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3+2SiO_2+5H_2O$	জল-বিশোধনে, ফটকিরি প্রস্তুতিতে, ছাপার কাজে, কাগজ ও চর্ম শিল্পে।

প্রশ্ন : 2.68 থারমিট মিশ্রণ কি ?

2.69 উচ্চ তাপমাত্রায় অ্যালুমিনার সঙ্গে কোবাল্ট নাইট্রেট মেশালে কি পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় ?

2.70 সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড থেকে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না কেন ?

2.71 অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও ফেরিক সালফেটকে তাদের মিশ্রণ থেকে আংশিক কেলাসন পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না কেন ?

2.72 একটি সাধারণ অ্যালামের সংকেত লেখ। অ্যালাম কি ধরনের যৌগ ?

2.73 অ্যালুমিনিয়ামের কার্বনেট লবণ গঠিত হয় না কেন ?

2.74 অ্যালুমিনিয়ামের কোন্ যৌগ
(i) রত্ন পাথররূপে ব্যবহৃত হতে পারে ? (ii) জল-বিশোধনে ব্যবহৃত হয় ? (iii) জৈব সংশ্লেষণ বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে বহুল ব্যবহৃত হয় ?

2F. লোহা ও লোহার যৌগসমূহের ধর্ম ও ব্যবহার
(Properties and uses of iron and its compounds)

2F.1 লোহার ধর্ম (Properties of Iron)

A. ভৌত ধর্ম (Physical properties): (i) বিশুদ্ধ লোহা সাদা নরম ধাতু। (ii) এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·85, গলনাঙ্ক 1530°সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 2450°সে.। (iii) ইহা যথেষ্ট নমনীয়, ঘাতসহ, প্রসারণশীল এবং চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়, অস্থায়ী চুম্বকে পরিবর্তিত করা যায়। (iv) ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। (v) লোহার ধর্ম এতে মিশ্রিত বিভিন্ন ধাতু বা অধাতুর বিশেষ করে কার্বনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে।

প্রশ্ন : 2.66 লোহায় উপস্থিত অশুদ্ধিগুলি এর কি ধর্মের পরিবর্তন সাধন করে ?

B. রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties):

(1) **বায়ুর সঙ্গে ক্রিয়া :** সাধারণ তাপমাত্রায় শুষ্ক বায়ুর সঙ্গে বিশুদ্ধ লোহার কোন ক্রিয়া নেই। আর্দ্র বায়ুতে লোহার উপর লালাভ বাদামী বর্ণের আস্তরণ পড়ে, ইহা মরিচা নামে পরিচিত। মরিচা হল সামান্য পরিমাণ আয়রন কার্বনেট যুক্ত সোদক আয়রণ অক্সাইড ($Fe_2O_3H_2O$)। বায়ু এবং জলের সংযুক্ত ক্রিয়ার ফলেই লোহার উপর মরিচা পড়ে, আর্দ্র বায়ুতে উপস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড এই বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। বায়ুতে অতি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে লোহচূর্ণ জ্বলে ওঠে এবং ফেরোসোফেরিক অক্সাইডের (Fe_3O_4) স্ফুলিঙ্গ বিচ্ছুরিত হয়।

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$

(2) **জলের সঙ্গে ক্রিয়া :** লোহিত-তপ্ত আয়রনের উপর দিয়ে স্টীম প্রবাহিত করলে আয়রন জারিত হয়ে ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং স্টীম বিজারিত হয়ে হাইড্রোজেন মুক্ত হয়। $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$

(3) **অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়া :** ধাতব লোহা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন মুক্ত করে এবং ফেরাস লবণের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়। $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow$, $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow$

গাঢ় ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড আয়রন দ্বারা বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং আয়রন ফেরিক সালফেটরূপে দ্রবীভূত হয়। দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়ে যায়।

$$2Fe + 6H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2\uparrow$$

আয়রন বিভিন্ন শর্তে নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে।

$$4Fe + 10HNO_3 \text{ (লঘু ও শীতল)} = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$
$$4Fe + 10HNO_3 \text{ (লঘু ও উষ্ণ)} = 4Fe(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$
$$Fe + 4HNO_3 \text{ (মধ্যম গাঢ়)} = Fe(NO_3)_3 + NO + 2H_2O$$

খুব বেশী গাঢ় বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে আয়রনের বিক্রিয়া হয় না, এই অ্যাসিডের সংস্পর্শে আয়রনের উপর আয়রন অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে, ফলে এটি আর অ্যাসিডে

দ্রবীভূত হতে পারে না এই বিশেষ অবস্থার আয়রনকে বলা হয় **নিষ্ক্রিয় আয়রন** (passive iron)। অতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ছাড়াও অন্যান্য অনেক জারক দ্রব্য, যেমন ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, শুষ্ক নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড আয়রনকে নিষ্ক্রিয় করে। আয়রনের উপর অতি পাতলা প্রায় অদৃশ্য আয়রন অক্সাইডের আস্তরণই আয়রনের নিষ্ক্রিয়তার কারণ। এই নিষ্ক্রিয় আয়রন লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, ইহা কপার সালফেট দ্রবণ থেকে কপার মুক্ত করে না।

নিষ্ক্রিয় আয়রনের উপরের স্তরকে ঘষে এর নিষ্ক্রিয়তা নষ্ট করা যায়। উত্তপ্ত নিষ্ক্রিয় আয়রনের উপর দিয়ে H_2 গ্যাস চালনা করেও এর নিষ্ক্রিয়তা দূর করা সম্ভব।

(4) **ক্ষারের সঙ্গে ক্রিয়া :** সাধারণ ভাবে ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে লোহার কোন বিক্রিয়া হয় না। গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাইট লবণ উৎপন্ন করে।

$$2Fe + 2NaOH + 2H_2O = \underset{\text{সোডিয়াম ফেরাইট}}{2NaFeO_2} + 3H_2\uparrow$$

আয়রন ইলেকট্রোড ব্যবহার করে NaOH বা KOH দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষিত করলে অ্যানোডে আয়রন জারিত হয়ে ক্ষারের সঙ্গে যুক্ত হয়ে **ফেরেট** যৌগ উৎপন্ন করে।

অ্যানোড বিক্রিয়া : $Fe + 4H_2O = FeO_4^{2-} + 8H^+ + 6e$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $6H_2O + 6e = 3H_2\uparrow + 6OH^-$

KOH ব্যবহার করলে নীট বিক্রিয়া এইভাবে লেখা যায় :

$$Fe + 2KOH + 2H_2O = \underset{\text{পটাসিয়াম ফেরেট (লাল)}}{H_2FeO_4} + 3H_2\uparrow$$

(5) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** লোহিত তপ্ত অবস্থায় লোহা ক্লোরিন, সালফার ও কার্বনের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে যথাক্রমে ফেরিক ক্লোরাইড, ফেরাস সালফাইড ও আয়রন কারবাইড উৎপন্ন করে।

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3\ ;\quad Fe + S = FeS\ ;\quad 3Fe + C = Fe_3C$$

(6) **কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** 120°সে. তাপমাত্রায় আয়রন চূর্ণের উপর দিয়ে উচ্চ চাপে কার্বন মনোক্সাইড চালনা করলে, আয়রন কার্বন মনোক্সাইড শোষণ করে আয়রন পেন্টাকার্বনিল নামক উদ্বায়ী যুত যৌগ গঠন করে।

$$Fe + 5CO = Fe\,(CO)_5$$

আয়রন পেন্টাকার্বনিল উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে বিশুদ্ধ আয়রন উৎপন্ন করে।

(7) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া :** তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় আয়রনের নীচে অবস্থিত ধাতুগুলির লবণের জলীয় দ্রবণ থেকে আয়রন ঐ ধাতুগুলিকে মুক্ত করে এবং আয়রন আনুষঙ্গিক ফেরাস লবণে পরিণত হয়ে দ্রবীভূত হয়।

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu\downarrow \text{ (লাল)}$$
$$Pb(NO_3)_2 + Fe = Fe(NO_3)_2 + Pb\downarrow \text{ (ধূসর)}$$
$$2AgNO_3 + Fe = Fe(NO_3)_2 + 2Ag\downarrow \text{ (ধূসর)}$$

2F.2 লোহায় মরিচা পড়া এবং উহা নিবারণের উপায় (Rusting of iron and its prevention)

সাধারণ লোহা আর্দ্র বায়ুতে রেখে দিলে এর গায়ে লালাভ বাদামী বর্ণের একটি আস্তরণ পড়ে, এই লালাভ বাদামী বর্ণের বস্তুটিকে **মরিচা** (Rust) বলে, মরিচায় প্রধানত সোদক ফেরিক অক্সাইড-এর সঙ্গে সামান্য পরিমাণে আয়রন কার্বনেট থাকে। লোহায় উপস্থিত অশুদ্ধিগুলিই লোহায় মরিচা পড়ার জন্য দায়ী, কারণ বিশুদ্ধ লোহায় মরিচা পড়ে না। মরিচা পড়ার জন্য উপযুক্ত পরিমাণ জল বা জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন উভয়েরই প্রয়োজন।

মরিচা সৃষ্টি সম্পর্কে বিভিন্ন অভিমত ও তত্ত্ব প্রবর্তিত হয়েছে। এটি এখন স্বীকৃত যে বায়ুর জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন মরিচা পড়ার জন্য অপরিহার্য, বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড এই বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। একটি মত অনুসারে CO_2 মরিচা পড়ার জন্য অপরিহার্য। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুর জলের সঙ্গে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, এই কার্বনিক অ্যাসিড লোহার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাস বাইকার্বনেট উৎপন্ন করে এবং পরে ক্ষারকীয় কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়। এই ক্ষারকীয় কার্বনেট আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে সোদক ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3,\ Fe + 2H_2CO_3 = Fe(HCO_3)_2 + H_2$$
$$2Fe(HCO_3)_2 + O + H_2O = 2Fe(OH)_2.HCO_3 + 2CO_2$$
$$2Fe(OH)_2HCO_3 = [Fe_2O_3.3H_2O] + 2CO_2$$

বিজ্ঞানী ল্যাম্বার্ট বিভিন্ন পরীক্ষা করে দেখেন যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের অবর্তমানেও মরিচা পড়ে, তিনি মরিচা পড়ার তড়িৎ-রাসায়নিক মতবাদ প্রচার করেন। সাধারণ লোহায় যে অশুদ্ধি থাকে, নিম্নতর বিভব সম্পন্ন সেই অশুদ্ধি কণা (বিশেষ করে কার্বন) এবং লোহার কণার মধ্যে জল মিশে অসংখ্য ছোট ছোট তড়িৎ কোষের (voltaic cell) সৃষ্টি হয়। এই কোষগুলিতে লোহা, অ্যানোড হিসেবে, অশুদ্ধি, ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে এবং দ্রবীভূত অক্সিজেন সহ জল বা জলীয় বাষ্প তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের কাজ করে।

অ্যানোডে আয়রন ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়ে ফেরাস আয়নে (Fe^{2+}) পরিণত হয়ে দ্রবীভূত হয়। জলের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন ($H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$), ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রোজেন রূপে ক্যাথোডে নির্গত হয়। এই সদ্যোজাত হাইড্রোজেনের কিছুটা দ্রবীভূত অক্সিজেন বা বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে জলে পরিণত হয়।

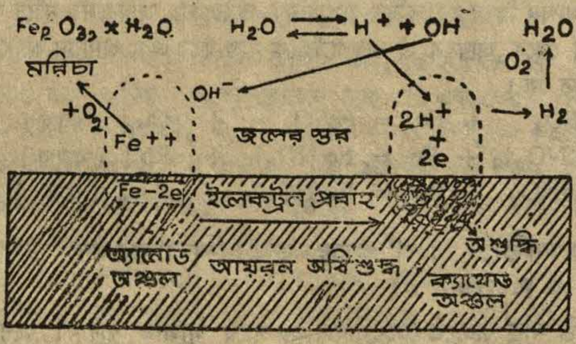
এইরূপে OH^- আয়নের আধিক্য হয়।

অ্যানোডে : $Fe - 2e = Fe^{2+}$

ক্যাথোডে : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

$$H^+ + e \rightarrow [H],\ 2[H] \rightarrow H_2\uparrow$$
$$2H^+ + 2e = 2[H]$$
$$2[H] + \tfrac{1}{2}O_2 = H_2O$$

সুতরাং Fe^{2+} এবং OH^- যুক্ত হয়ে ফেরাস হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই ফেরাস হাইড্রক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে সোদক ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



চিত্র 2F.1 : লোহায় মরিচা পড়ার বিক্রিয়া-কৌশল।

$$Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2$$
$$4Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3.H_2O + 2H_2O$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড থেকে উদ্ভূত কার্বনিক অ্যাসিডের H^+ আয়ন এই মরিচা পড়তে সাহায্য করে। কার্বন ডাই-অক্সাইড এইরূপে H^+ আয়ন সরবরাহ করে মাত্র।

মরিচা পড়ার নীট বিক্রিয়া নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

$$4Fe + 2H_2O + 3O_2 = 2Fe_2O_3 \; H_2O$$

সুতরাং মরিচা গঠন প্রক্রিয়াকে মৃদু দহন প্রক্রিয়া বলা যেতে পারে।

● মরিচা নিবারণের উপায় (Prevention of rusting) :

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে দেখা যাচ্ছে লোহাকে জল ও বায়ুর সংস্পর্শ থেকে রক্ষা করতে পারলেই মরিচা পড়া রোধ হবে। মরিচা নিবারণের জন্য নিম্নলিখিত কয়েকটি উপায় অবলম্বন করা হয়।

(i) লোহার উপর ন্যাপথায় দ্রবীভূত পীচ, তেল, রেড লেড, অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ইত্যাদি রং বা বার্নিশ লাগালে লোহার উপরে একটি দুর্ভেদ্য আস্তরণ পড়ে, ফলে বায়ু ও জলীয় বাষ্প লোহার সংস্পর্শে আসতে পারে না।

(ii) লৌহ দ্রব্যকে লোহিত-তপ্ত করে সেই অবস্থায় ওর উপর দিয়ে স্টীম চালনা করলে লোহার গায়ে ফেরোসোফেরিক অক্সাইডের (Fe_3O_4) একটি আস্তরণ পড়ে, ফলে মরিচা পড়ে না।

(iii) লোহার চেয়ে বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক কোন ধাতুর (Zn, Al, Cr) প্রলেপ দিলে মরিচা রোধ হয়। মরিচা রোধের ভাল উপায় হল গ্যালভানাইজেশন পদ্ধতিতে লোহার উপর গলিত জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া। উচ্চ বিভব সম্পন্ন জিঙ্কের প্রলেপ লোহার উপর দিলে লোহা অ্যানোডের ন্যায় আচরণ করে, Fe^{+2} আয়ন উৎপন্ন করে ক্ষয়প্রাপ্ত হতে পারে না। লোহার উপর টিনের প্রলেপ দিয়েও লোহার মরিচা রোধ করা যায়।

(iv) লোহার দ্রব্যের উপর নিকেল, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তড়িৎ-লেপন দিলে মরিচা পড়া বন্ধ হয়।

(v) লোহার সঙ্গে 12 – 14% ক্রোমিয়াম মিশিয়ে যে সংকর ইস্পাত উৎপন্ন হয় তাকে স্টেইনলেস স্টীল বলে, এই লোহায় মরিচা পড়ে না।

প্রশ্ন : 2.75 জিঙ্কের উপস্থিতি লোহার ক্ষয় হ্রাস করে কেন ?
2.76 শুদ্ধ জল বা শুদ্ধ অক্সিজেনে লোহায় মরিচা পড়ে কি ?
2.77 মরিচা সৃষ্টিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভূমিকা কি ?
2.78 নিষ্ক্রিয় আয়রনের নিষ্ক্রিয়তার কারণ কি ?
2.79 ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ছাড়া অন্য কোন পদার্থ আয়রনকে নিষ্ক্রিয় করতে পারে কি ?

লোহার ব্যবহার (Uses of Iron) : শিল্প এবং ভাস্কর্যে লোহার বিবিধ ব্যবহার আছে। আধুনিক সভ্যতা ইস্পাতের ব্যবহারের উপর নির্ভর করে আছে। (প্রকৃতপক্ষে, ধাতুর ব্যবহারের দিক থেকে আধুনিক যুগকে ইস্পাত সভ্যতার যুগ বলা হয়ে থাকে)।

ঢালাই লোহা (Cast iron) : ইহা অত্যন্ত শক্ত ও ভঙ্গুর, একে পিটিয়ে পাতে পরিণত করা যায় না। ইহা প্রধানত ঢালাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়, যেমন কড়াই, রেলিং, পাইপ, আলোর স্তম্ভ, উনানের জাফরি ইত্যাদি। ঢালাই লোহার বেশীর ভাগই ব্যবহৃত হয় ইস্পাত ও পেটা লোহা উৎপাদনে।

ইস্পাত (Steel) : রেল, বাষ্পীয় ইঞ্জিন, রেলের চাকা, সেতু, তলোয়ার, মেশিনগান, বিভিন্ন প্রকার যুদ্ধ সরঞ্জাম, ছুরি, কাঁচি এবং বিভিন্ন ইঞ্জিনিয়ারিং দ্রব্য প্রস্তুতিতে ইস্পাত ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম চুম্বক, চুম্বক শলাকা, ঘড়ির স্প্রিং ইস্পাত থেকে প্রস্তুত করা হয়।

সংকর ইস্পাতের ব্যবহার সম্পর্কে আগেই আলোচনা করা হয়েছে।

পেটা লোহা (Wrought iron) : নরম নমনীয় চেইন, নোঙর, তার, পেরেক, গেট, গ্রীল, তড়িৎ-চুম্বক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

টিন লেপন (Tin plating) : লোহাকে জলবায়ুর প্রকোপ থেকে রক্ষা করার জন্য লোহার উপর টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। বিগালক রূপে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করে টিন গলিয়ে সেই গলিত টিন গাহে লোহা ডুবিয়ে লোহার উপর টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। পরে প্রয়োজন মত চাপ দিয়ে এই টিনের প্রলেপকে সমঘন আস্তরণে পরিণত করা হয়। সাধারণত $\frac{1}{10}$ ইঞ্চি পুরু লোহার পাতে $\frac{1}{10000}$ ইঞ্চি টিনের আস্তরণ দেওয়া হয়।

টিন নিম্নতর তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু, সুতরাং টিন লিপ্ত লোহার কোথাও ফাটল থাকলে জলবায়ুর প্রকোপে টিনের চেয়ে লোহা আগে মরিচা পড়ে নষ্ট হয়।

দস্তা লেপন ও টিন লেপনের তুলনামূলক আলোচনা নীচে দেওয়া হল :

দস্তা লেপন ও টিন লেপনের তুলনা :

দস্তা লেপন (Galvanisation)	টিন লেপন (Tin plating)
1. লোহার উপর জিঙ্কের প্রলেপ।	1. লোহার উপর টিনের প্রলেপ।
2. দস্তা লেপনে পুরু আস্তরণ দেওয়া হয় বলে বেশী দস্তা ব্যবহৃত হয়।	2. টিন লেপনে পাতলা আস্তরণ দেওয়া হয় বলে কম টিন ব্যবহৃত হয়।
3. জলবায়ুর প্রকোপ রোধে কম কার্যকরী।	3. জলবায়ুর প্রকোপ রোধে বেশী কার্যকরী।
4. দস্তা লোহার চেয়ে অধিক তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু, সুতরাং এখানে দস্তা অ্যানোড এবং লোহা ক্যাথোড রূপে কাজ করে। সুতরাং লেপনে ফাটল থাকলে লোহার চেয়ে দস্তা আগে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।	4. টিন লোহার চেয়ে কম তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু হওয়ায় লোহা অ্যানোড এবং টিন ক্যাথোড রূপে কাজ করে। সুতরাং টিন লেপনে ফাটল থাকলে টিনের চেয়ে লোহা আগে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।
5. দস্তার বিষক্রিয়া আছে, সুতরাং দস্তা লিপ্ত পাত্রে খাদ্যদ্রব্য রাখা যায় না।	5. টিনের বিষক্রিয়া নেই, সুতরাং টিন লিপ্ত পাত্রে খাদ্যদ্রব্য রাখা যায়।
6. অপেক্ষাকৃত কম ব্যয়সাধ্য।	6. অপেক্ষাকৃত বেশী ব্যয়সাধ্য।
7. অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী।	7. অপেক্ষাকৃত বেশী স্থায়ী।

লোহার যৌগসমূহ (Compounds of iron)

লোহা সাধারণত দ্বিযোজী ফেরাস [Fe(II), d^6] এবং ত্রিযোজী ফেরিক [Fe(III), d^5] শ্রেণীর যৌগ গঠন করে। ফেরিক যৌগসমূহ ফেরাস যৌগ অপেক্ষা বেশী স্থিতিশীল, ফেরাস যৌগসমূহ সহজেই ফেরিক যৌগে পরিবর্তিত হয়। অল্প কয়েকটি ক্ষেত্রে আয়রন চতুর্যোজী [Fe(IV), d^4] এবং ষড়যোজী [Fe(VI), d^2] যৌগ গঠন করে।

অক্সাইডসমূহ (Oxides) : লোহা প্রধানত তিনটি অক্সাইড গঠন করে, যথা—(1) **ফেরাস অক্সাইড**, (2) **ফেরিক অক্সাইড** এবং (3) **ফেরোসোফেরিক অক্সাইড**।

2F.3 ফেরাস অক্সাইড (FeO)

প্রস্তুতি (Preparation) :

বায়ুশূন্য পাত্রে ফেরাস অক্সালেটকে 150—170°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফেরাস অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$FeC_2O_4 = FeO + CO_2 + CO$$

(2) 300°সে. তাপমাত্রায় ফেরিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করলে ফেরাস অক্সাইড পাওয়া যায়। $F_2O_3 + H_2 = 2FeO + H_2O$

ধর্ম (Properties) :

ফেরাস অক্সাইড কালো, জলে অদ্রাব্য, বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই জ্বলে ওঠে অর্থাৎ স্বতঃ দহণশীল (Pyrophoric)। ইহা উচ্চ তাপমাত্রায় স্থিতিশীল, নিম্ন তাপমাত্রায় ইহার স্থিতিশীলতা খুবই কম, সহজেই বায়ুতে জারিত হয়। $4FeO + O_2 = 2Fe_2O_3$

উচ্চ তাপমাত্রা থেকে ধীরে ধীরে শীতল করলে বিষম বিয়োজনের (disproportionation) ফলে Fe_3O_4 ও Fe উৎপন্ন হয়। $4FeO = Fe_3O_4 + Fe$

ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে ফেরাস ক্লোরাইড ও ফেরাস সালফেট উৎপন্ন হয়।

$$FeO + 2HCl = FeCl_2 + H_2O \; ; \; FeO + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2O$$

ব্যবহার : সবুজ কাচ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

2F.4 ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3)

রেড হিমাটাইট বা ব্রাউন হিমাটাইট রূপে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) :

(1) ফেরিক নাইট্রেট, অক্সালেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে ফেরিক অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়।

$$4Fe(NO_3)_3 = 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$$

(2) সোনা পালিশ এবং প্রসাধনে ব্যবহৃত রং হিসেবে ব্যবহারের জন্য প্রয়োজনীয় অতি মিহি ফেরিক অক্সাইড ফেরাস সালফেটকে উত্তপ্ত করে প্রস্তুত করা হয়। ফেরাস সালফেট থেকে প্রাপ্ত লাল বর্ণের ফেরিক অক্সাইডকে রুজ (rouge) বলে।

$$FeSO_4.7H_2O \longrightarrow FeSO_4 + 7H_2O \; ; \; 2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

(3) ফেরিক লবণের জলীয় দ্রবণ NaOH, NH_4OH বা Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা ফোটালে ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ পরিস্রাবিত করে পৃথক করে উত্তপ্ত করলে ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

(4) আয়রন পিরাইটিসকে তাপ জারিত করে সালফার ডাই-অক্সাইডের বাণিজ্যিক প্রস্তুতিতে উপজাত পদার্থ হিসেবে ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \uparrow$$

ধর্ম (Properties) :

(i) লালাভ বেগুণী বর্ণের, জলে অদ্রাব্য, ক্ষারকীয় অক্সাইড, ইহার গলনাঙ্ক 1563°সে.

(ii) ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরিক লবণ উৎপন্ন করে।

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O \; ;$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

ফেরিক অক্সাইডকে 650° সে. তাপমাত্রায় পুড়িয়ে নিলে, সেই পোড়া ফেরিক অক্সাইড অ্যাসিডে সহজে দ্রবীভূত হয় না।

(iii) ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড, কিন্তু ফেরাইট লবণ গঠনকালে অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে। KOH, NaOH, বা Na_2CO_3-এর সঙ্গে বিগলিত করলে ফেরাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

$$Fe_2O_3 + 2NaOH = 2NaFeO_2 + H_2O$$

$$Fe_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaFeO_2 + CO_2$$

উৎপন্ন ফেরাইট জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিয়োজিত হয়ে যায়।

$$2NaFeO_2 + H_2O = Fe_2O_3 + 2NaOH$$

(iv) ফেরিক অক্সাইড বেশ সুস্থিত যৌগ কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন, কার্বন মনোক্সাইড বা কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতব আয়রনে পরিণত হয়।

$$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O; \quad Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(v) 1300°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কালো বর্ণের ফেরোসোফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। $6Fe_2O_3 = 4Fe_3O_4 + O_2$

ব্যবহার (Uses) : (i) জুয়েলারীতে পালিশের কাজে এবং প্রসাধনীতে রুজ ব্যবহৃত হয়। (ii) রং প্রস্তুতিতে ভেনেসিয়ান রেড (Venetian red), ইন্ডিয়ান রেড (Indian red) নামে ব্যবহৃত হয়। (iii) কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হয়।

2F.5 ফেরোসোফেরিক অক্সাইড বা ট্রাইফেরিক টেট্রক্সাইড (Fe_3O_4)

প্রকৃতিতে ম্যাগনেটাইট রূপে পাওয়া যায়। ইহা আয়রনের ম্যাগনেটিক বা চৌম্বক অক্সাইড নামেও পরিচিত।

প্রস্তুতি (Preparation) :

লোহিত-তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়ে স্টীম প্রবাহিত করে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়। $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$

ধর্ম (Properties) : (i) ইহা চৌম্বকধর্মী, জলে অদ্রাব্য, কালো অক্সাইড। (ii) ইহা ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইডের মিশ্র অক্সাইড (FeO, Fe_2O_3) কারণ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাস ও ফেরিক শ্রেণীর মিশ্র লবণ উৎপন্ন করে।

$$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$$

(iii) হাইড্রোজেন প্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে ধাতব লোহায় বিজারিত হয়, 800°সে. তাপমাত্রায় কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়ে ফেরাস অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Fe_3O_4 + 4H_2 = 3Fe + 4H_2O; \quad Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$$

ব্যবহার : ইহা তড়িৎ-দ্বার প্রস্তুতিতে, আর্ক আলোতে (arc-light) ও ইস্পাত শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

2F.6 ফেরাস হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_2$]

ফেরাস হাইড্রক্সাইড সুস্থিত যৌগ নয়। ফেরাস লবণের দ্রবণে, অক্সিজেনমুক্ত NaOH, KOH বা NH_4OH দ্রবণ যোগ করে বায়ুর অনুপস্থিতিতে বিক্রিয়া করলে ফেরাস হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

ধর্ম (Properties) : (i) ফেরাস হাইড্রক্সাইড জলে অদ্রাব্য, এর স্থিতিশীলতা কম, ইহা বায়ুতে প্রথমে সবুজ, পরে বাদামী বর্ণের ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3$$

(ii) অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে ফেরাস লবণ উৎপন্ন করে।

$$Fe(OH)_2 + 2HCl = FeCl_2 + 2H_2O$$

(iii) ইহা একটি বিজারক দ্রব্য।

প্রশ্ন : **2.80** ফেরাস অক্সাইডের একটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

2.81 রুজ কি বস্তু ? এর ব্যবহার কি ?

2.82 ফেরিক অক্সাইডের অ্যাসিড ধর্মের উদাহরণ দাও।

2F.7 ফেরিক হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$]

ফেরিক লবণের জলীয় দ্রবণে NaOH, KOH, NH_4OH বা Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করলে ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NaCl$$
$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 + 6NaCl$$

ধর্ম (Properties) : (i) ইহা জলে অদ্রাব্য বাদামী বর্ণের কঠিন পদার্থ। (ii) এটি মৃদু ক্ষারক, অ্যাসিডের সঙ্গে ফেরিক লবণ উৎপন্ন করে।

$$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$$

(iii) তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে ফেরিক অক্সাইড ও স্টীমে বিযোজিত হয়।

$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

(iv) $Al(OH)_3$ এবং $Fe(OH)_3$-এর মধ্যে প্রভেদ হচ্ছে $Al(OH)_3$ অতিরিক্ত ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত হয় কিন্তু $Fe(OH)_3$ দ্রবীভূত হয় না।

ব্যবহার (Uses) : (i) সদ্য প্রস্তুত ফেরিক হাইড্রক্সাইড আর্সেনিকের বিষক্রিয়া নাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। (ii) কোল গ্যাস বিশুদ্ধিকরণে ইহা ব্যবহার করা হয়।

2.83 লোহের কোন্ অক্সাইড চৌম্বকধর্মী ?

2.84 ফেরোসোফেরিক অক্সাইডকে মিশ্র অক্সাইড বলা হয় কেন ?

2F.8 ফেরাস ক্লোরাইড [$FeCl_2$]

অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইডের সংকেত $FeCl_2$, সোদক ফেরাস ক্লোরাইডের সংকেত $FeCl_2, 4H_2O$.

প্রস্তুতি (Preparation) :

(i) তপ্ত লোহচূর্ণের উপর দিয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রবাহিত করলে অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 \uparrow$$

ফেরিক ক্লোরাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করলে বিজারিত হয়ে ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2FeCl_3 + H_2 = 2FeCl_2 + 2HCl$

(2) ফেরাস অক্সাইড, আয়রন, ফেরাস সালফাইড প্রভৃতি সম্পূর্ণরূপে বায়ুর অনুপস্থিতিতে লঘু ও তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে ফেরাস ক্লোরাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণ গাঢ় ও শীতল করে কেলাসিত করলে সোদক ফেরাস ক্লোরাইডের কেলাস ($FeCl_2, 4H_2O$) পাওয়া যায়।

$$FeS + 4HCl = FeCl_2 + H_2S \uparrow$$
$$FeO + 2HCl = FeCl_2 + H_2O$$

ধর্ম (Properties) :

(i) অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড বর্ণহীন, উদগ্রাহী, কেলাসাকার পদার্থ। সোদক ফেরাস ক্লোরাইডের বর্ণ ফিকে সবুজ।

(ii) অনার্দ্র এবং আর্দ্র উভয় প্রভয় প্রকার লবণই জলে দ্রাব্য।

(iii) সহজেই ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত হয়। জলীয় দ্রবণে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

(iv) লোহিত তপ্ত অবস্থায় ইহা গলে যায় এবং 1000°সে· তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হয়। বাতাসে উত্তপ্ত করলে ফেরিক ক্লোরাইড ও ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$12FeCl_2 + 3O_2 = 8FeCl_3 + 2Fe_2O_3$$

(v) স্টীমে উত্তপ্ত করলে হাইড্রোজেন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় এবং Fe_3O_4 পড়ে থাকে।

$$3FeCl_2 + 4H_2O = Fe_3O_4 + H_2\uparrow + 6HCl\uparrow$$

2F.9 ফেরিক ক্লোরাইড [$FeCl_3$ $6H_2O$]

প্রস্তুতি (Preparation) :

(1) ফেরিক অক্সাইড বা ফেরিক হাইড্রক্সাইড লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণ গাঢ় ও শীতল করে কেলাসিত করলে সোদক ফেরিক ক্লোরাইডের কেলাস পাওয়া যায়।

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O\ ;\quad Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$$

(2) ধাতব লোহাকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে ফেরাস ক্লোরাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই ফেরাস ক্লোরাইডের দ্রবণকে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহে সম্পৃক্ত করলে ফেরাস ক্লোরাইড ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত হয়, ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে ফেরিক ক্লোরাইডের সোদক কেলাস $FeCl_3,6H_2O$ পৃথক করা হয়।

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow\ ;\qquad 2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

(3) লোহিত-তপ্ত লোহার তারের উপর দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করলে ফেরিক ক্লোরাইড বাষ্প উদ্ভূত হয়, এই বাষ্প শীতল গ্রাহক পাত্রে ঘনীভূত করে অনার্দ্র $FeCl_3$ সংগ্রহ করা হয়। $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

ধর্ম (Properties) :

(i) বিশুদ্ধ ফেরিক ক্লোরাইড কালো বর্ণের উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ, জলে অতি মাত্রায় দ্রবণীয়। ইহা আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয়। 280° সে. তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হয়, 500°সে. তাপমাত্রার উর্ধ্বে বিয়োজিত হয়ে ফেরাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।

$$2FeCl_3 \rightleftharpoons 2FeCl_2 + Cl_2$$

(ii) 444°সে. তাপমাত্রায় অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব, আণবিক সঙ্কেত Fe_2Cl_6 এর সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

(iii) ইহা উষ্জ্বল, অ্যালকোহল, ইথার ও বেনজিনে দ্রবণীয়।

(iv) সোদক ফেরিক ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত $FeCl_3.6H_2O$, ইহা হলুদ বর্ণের কেলাসিত পদার্থ। ইহা জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী, কারণ ইহা মৃদু ক্ষারক $Fe(OH)_3$ এবং তীব্র অ্যাসিড HCl-এর লবণ।

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3Cl^-$$

(v) সোদকে ফেরিক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বেরিয়ে যায় এবং ফেরিক অক্সাইড বা ক্ষারকীয় ফেরিক ক্লোরাইড (FeOCl) উৎপন্ন হয়।

$$2FeCl_3.6H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl + 3H_2O$$

এইজন্য সোদক ফেরিক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না।

(vi) ফেরিক ক্লোরাইড, জায়মান হাইড্রোজেন (Fe + HCl), হাইড্রোজেন সালফাইড, স্টানাস ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত হয়ে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl\ ;\ 2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$

ফেরিক ক্লোরাইড পটাসিয়াম আয়োডাইড থেকে আয়োডিন মুক্ত করে।

$$2FeCl_3 + 2KI = I_2 + 2FeCl_2 + 2KCl$$

(vii) ইহা অনেক ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্গে দ্বিলবণ উৎপন্ন করে। যথা—

$$NH_4(FeCl_4), K_2(FeCl_5)H_2O$$

ব্যবহার (Uses): (i) ওষুধ হিসেবে, (ii) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসেবে, (iii) বস্ত্র রঞ্জন শিল্পে, (iv) অনেক জৈব বিক্রিয়ায় অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হয়।

2.85 ফেরাস নাইট্রেট [$Fe(NO_3)_2$-$6H_2O$]

প্রস্তুতি (**Preparation**):

ফেরাস সালফেট দ্রবণে লেড নাইট্রেট দ্রবণ অথবা বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ মেশানো হয়, ফলে লেড সালফেট বা বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে পরিস্রাবিত করে পৃথক করে পরিস্রুতকে বায়ুর অনুপস্থিতিতে কম তাপমাত্রায় সাবধানে বাষ্পীভূত করে গাঢ় করে সোদক ফেরাস নাইট্রেট কেলাস $Fe(NO_3)_2,6H_2O$ পৃথক করা হয়।

$$FeSO_4 + Ba(NO_3)_2 = Fe(NO_3)_2 + BaSO_4\downarrow$$

ধর্ম (**Properties**):

(i) ফেরাস নাইট্রেট দুঃস্থিত দ্রুত ফেরিক নাইট্রেটে জারিত হয়ে যায়। (ii) ইহা হাল্‌কা সবুজ বর্ণের কেলাসাকার কঠিন, জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়।

প্রশ্ন : 2.85 সোদক ফেরিক ক্লোরাইড কেলাসকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না কেন?

2F.11 ফেরিক নাইট্রেট [$Fe(NO_3)_3.9H_2O$]

প্রস্তুতি (**Preparation**):

লোহা অথবা লোহার অক্সাইড লঘু ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড বা মধ্যম ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে ফেরিক নাইট্রেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণ বাষ্পীভবনের দ্বারা গাঢ় করে শীতল করলে সোদক ফেরিক নাইট্রেট কেলাস $Fe(NO_3)_3,9H_2O$ পাওয়া যায়।

$$Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO\uparrow\ ;$$

$$Fe_2O_3 + 6HNO_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$$

ধর্ম (**Properties**):

(i) ফেরিক নাইট্রেট বর্ণহীন, উদ্‌গ্রাহী কেলাসিত পদার্থ। (ii) ইহা ধীরে ধীরে বিয়োজিত হয়, ফলে এই লবণে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের গন্ধ পাওয়া যায়। (iii) ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয় এবং বাদামী বর্ণের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে, ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে, এই দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

ব্যবহার : ইহা রঞ্জন শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

2F.12 ফেরাস সালফেট $Fe_2SO_4 . 7H_2O$ [সবুজ ভিট্রিয়ল (Green Vitreol)]

প্রস্তুতি (Preparation) ঃ

(1) পরীক্ষাগারে ধাতব লোহা বা ফেরাস সালফাইড লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে ফেরাস সালফেট দ্রবণ পাওয়া যায়। ফেরাস সালফেটের এই লঘু দ্রবণকে গাঢ় ও শীতল করে ফেরাস সালফেটের সোদক কেলাস পাওয়া যায়।

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow \;;\; FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S\uparrow$$

কিপ্‌যন্ত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতির পর যে পরিত্যক্ত দ্রবণ পড়ে থাকে তা থেকে উপজাত পদার্থ হিসেবে ফেরাস সালফেট সংগ্রহ করা হয়।

(2) বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে তাপজারিত আয়রন পাইরাইটিসকে আর্দ্র বায়ুতে দীর্ঘদিন স্তূপীকৃত করে ফেলে রেখে জারিত করা হয়, ফলে আয়রন পাইরাইটিস ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। কয়েক দিন পর এই স্তূপে জল দিয়ে ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড নিষ্কাশিত করে পরিস্রুত করে নেওয়া হয়। পরিস্রুতের মধ্যে পরিত্যক্ত লোহার টুকরো (scrap iron) মিশিয়ে উত্তপ্ত করে সালফিউরিক অ্যাসিডকে ফেরাস সালফেটে পরিবর্তিত করা হয়। দ্রবণকে পরিস্রাবিত করে পরিস্রুতকে গাঢ় ও শীতল করে সোদক ফেরাস সালফেট কেলাস, $FeSO_4, 7H_2O$ সংগ্রহ করা হয়।

$$FeS + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

ধর্ম (Properties) ঃ

(i) সোদক ফেরাস সালফেট হাল্‌কা সবুজ বর্ণের কেলাসাকার উদ্‌ত্যাগী পদার্থ। ইহা এপসম লবণ ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) এবং সাদা ভিট্রিয়ল ($ZnSO_4.7H_2O$)-এর সঙ্গে সমাকৃতি সম্পন্ন।

(ii) ইহা জলে দ্রবণীয় এবং আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয় (কারণ ইহা মৃদু ক্ষারক $Fe(OH)_2$ এবং তীব্র অ্যাসিড H_2SO_4 সঞ্জাত লবণ)।

$$FeSO_4 + 2H_2O = Fe(OH)_2 + 2H^+ + SO_4^{2-}$$

(iii) আর্দ্র বায়ুতে রেখে দিলে হলুদাভ বাদামী বর্ণের ক্ষারকীয় ফেরিক সালফেটে জারিত হয়। $4FeSO_4 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)SO_4$

ফেরাস সালফেট দ্রবণ বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়।

$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

(iv) সোদক ফেরাস সালফেট কেলাসকে তাপ দিলে প্রথমে কেলাস জল অপসারিত হয়ে সাদা অনিয়তাকার গুঁড়োয় পরিণত হয়, একে লোহিত-তপ্ত করলে বিয়োজিত হয় এবং রুজ (Rouge) নামক ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$FeSO_4.7H_2O \xrightarrow{-6H_2O} FeSO_4.H_2O \xrightarrow{-H_2O} FeSO_4$$

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2\uparrow + SO_3$$

(v) সদ্য প্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করে বাদামী বর্ণের দুঃস্থিত নাইট্রোসো যুত যৌগ গঠন করে। $FeSO_4 + NO \rightleftharpoons FeSO_4.NO$

এই নাইট্রোসো যৌগ অল্প তাপেই নাইট্রিক অক্সাইড ত্যাগ করে। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ (বলয় পরীক্ষা) সনাক্ত করা যায়।

(vi) ফেরাস সালফেট একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। ফেরাস সালফেট নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রিক অক্সাইডে, অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে ম্যাঙ্গানিজ লবণে বিজারিত করে এবং নিজে ফেরিক সালফেটে জারিত হয়।

$$2HNO_3 + 3H_2SO_4 + 6FeSO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$$

(vii) ক্ষারীয় ধাতুর সালফেট এবং অ্যামোনিয়াম সালফেট ফেরাস সালফেটের সঙ্গে দ্বি-লবণ গঠন করে, এদের সাধারণ সংকেত $M_2SO_4.FeSO_4.6H_2O$, M = Na, K, NH_4 ইত্যাদি। এই শ্রেণীর একটি অতি পরিচিত দ্বিলবণ হচ্ছে মোরের লবণ (Mohr's salt) বা ফেরাস-অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$-$FeSO_4.6H_2O$। মোরের লবণ ফেরাস সালফেটের ন্যায় উদ্‌ত্যাগী নয়, এর জলীয় দ্রবণ বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা সহজে জারিত হয় না, সেইজন্য ইহা আয়তন মাত্রিক বিশ্লেষণে (volumetric analysis) বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

ব্যবহার (Uses) : (i) ফেরাস সালফেট রঞ্জ প্রস্তুতিতে, মোর লবণ প্রস্তুতিতে, এবং লেখার কালি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (ii) বস্ত্র রঞ্জন শিল্পে রাগবন্ধক রূপে ফেরাস সালফেট ব্যবহার করা হয়। (iii) ইহা কীটনাশক ও বিজারক হিসেবেও ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : 2.86 নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণের বলয় পরীক্ষায় যে যৌগটি উৎপন্ন হয় তার সংকেত লেখ।

2.87 সোদক ফেরাস সালফেট কেলাসকে আর্দ্র বায়ুতে রেখে দিলে কি পরিবর্তন হয় ?

2.88 আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ফেরাস সালফেট ব্যবহার না করে ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট ব্যবহার করা হয় কেন ?

2F.13 ফেরিক সালফেট $Fe_2(SO_4)_3,9H_2O$

প্রস্তুতি (Preparation) :

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ফেরাস সালফেট দ্রবীভূত করে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশিয়ে ফোটালে ফেরিক সালফেটের দ্রবণ পাওয়া যায়, এই দ্রবণ সতর্কতার সঙ্গে বাষ্পীভূত করে গাঢ় ও শীতল করে সোদক ফেরিক সালফেটের কেলাস $Fe_2(SO_4)_3,9H_2O$ পৃথক করা হয়।

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO\uparrow$$

ফেরাস সালফেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ফুটিয়ে ফেরিক সালফেট প্রস্তুত করা যায়। $2FeSO_4 + 2H_2SO_4 = 2Fe_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

ধর্ম (Properties) : (i) সোদক ফেরিক সালফেট ফিকে হলুদ বর্ণের কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। (ii) ইহা জলে দ্রবণীয়, জলীয় দ্রবণ বাদামী বর্ণের এবং অ্যাসিডধর্মী হয়।

$$Fe_2(SO_4) + 6H_2O \rightleftharpoons 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

(iii) সোদক ফেরিক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করলে প্রথমে কেলাস জল অপসারিত হয়ে হলুদাভ সাদা বর্ণের অনার্দ্র ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়। আরও উত্তপ্ত করলে 500° সে. তাপমাত্রায় ফেরিক অক্সাইড ও সালফার ট্রাইঅক্সাইডে বিয়োজিত হয়।

$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3\uparrow$$

(iv) ধাতব কপার ফেরিক সালফেট দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং ফেরিক সালফেটকে ফেরাস সালফেটে বিজারিত করে।

$$Fe_2(SO_4)_3 + Cu = CuSO_4 + 2FeSO_4$$

(v) ফেরিক সালফেট 'আয়রন অ্যালাম' (ফেরিক অ্যালাম) M_2SO_4, $Fe_2(SO_4)_3$ $24H_2O$ M = Na, K(Rb, Cs, NH_4), ধরনের দ্বিলবণ গঠন করে। এই দ্বিলবণগুলি অষ্টতলকীয় গোলাপী বর্ণের কেলাস গঠন করে। এগুলি জলে দ্রবণীয়।

ব্যবহার (Uses) : (i) ইহা রঞ্জন শিল্পে, (ii) ঔষধরূপে, (iii) অন্যান্য ফেরিক লবণ প্রস্তুতিতে, (iv) ঘোলা জলকে পরিষ্কার করার জন্য, (v) প্রয়োজনীয় ফেরিক অ্যামোনিয়াম অ্যালাম প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

2F.14 ফেরাস কার্বনেট, $FeCO_3$ স্প্যাথিক আয়রন হিসেবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) :

বায়ুর অনুপস্থিতিতে ফেরাস সালফেট দ্রবণে ক্ষারীয় ধাতুর কার্বনেট যোগ করলে ফেরাস কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$FeSO_4 + Na_2CO_3 = FeCO_3 + Na_2SO_4$$

ধর্ম (Properties) : (i) ফেরাস কার্বনেট দুঃস্থিত সাদা কঠিন পদার্থ। জলে অদ্রাব্য। (ii) আর্দ্র বায়ুতে প্রথমে সবুজ বর্ণ এবং শেষে বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2FeCO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 + CO_2 + CO$$

(iii) ফেরাস কার্বনেটের জলীয় মিশ্রণে CO_2 প্রবাহিত করলে ফেরাস বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়ে জলে দ্রবীভূত হয়।

$$FeCO_3 + CO_2 + H_2O = Fe(HCO_3)_2$$

ফেরাস কার্বনেট বা বাইকার্বনেট বায়ুর সংস্পর্শে অতি দ্রুত ফেরিক অক্সাইডে জারিত হয়।

ব্যবহার (Uses) : উদ্ভিদ মাটি থেকে ফেরাস বাইকার্বনেট রূপে আয়রন সংগ্রহ করে।

ফেরিক কর্বেনেট জানা নেই কারণ ফেরিক লবণে কার্বনেট লবণ যোগ করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় এবং ফেরিক হাইক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2FeCl_3 + 3Na_2\,CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 + 6NaCl + 3CO_2\uparrow$$

সারণী 2 6 আয়রনের কয়েকটি যৌগের প্রস্তুতি এবং ব্যবহার :

যৌগ	প্রস্তুতির বিক্রিয়া	ব্যবহার
অক্সাইড : (a) ফেরাস অক্সাইড FeO	(i) $FeC_2O_4 \xrightarrow[\text{(বায়ুশূন্য পাত্রে)}]{150\text{-}170°\text{সে.}} FeO + CO_2 + CO$ (ii) $Fe_2O_3 + H_2 \xrightarrow{300°\text{সে.}} 2FeO + H_2O$	সবুজ কাচ প্রস্তুতিতে।
(b) ফেরিক অক্সাইড Fe_2O_3	(i) $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{\Delta} 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$ (ii) $FeSO_4, 7H_2O \xrightarrow{\Delta} FeSO_4 + 7H_2O$ $2FeSO_4 \longrightarrow Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$ (iii) $FeCl_3 + 3NH_4OH \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$ $2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$ (iv) $4FeS_2 + 11O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$	জুয়েলারীতে পালিশের কাজে, রুজ প্রসাধনীতে, লাল রঙ প্রস্তুতিতে।
(c) ফেরোসোফেরিক অক্সাইড, Fe_3O_4	$3Fe + 4H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$ (লোহিত-তপ্ত) (স্টীম)	তড়িৎ-দ্বার প্রস্তুতিতে, আর্ক লাইটে, ইস্পাত শিল্পে।

যৌগ	প্রস্তুতি বিক্রিয়া	ব্যবহার
হাইড্রক্সাইড ঃ (a) ফেরাস হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_2$	$FeSO_4 + 2NaOH \xrightarrow{\text{বায়ুর অবর্তমানে}} Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$	
(b) ফেরিক হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_3$	(i) $FeCl_3 + 3NaOH \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3NaCl$ (ii) $2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + 6NaCl + 3CO_2$	কোল গ্যাস থেকে অশুদ্ধি দূরীকরণে, সদ্য অধঃক্ষিপ্ত হাইড্রক্সাইড আরসেনিকের বিষক্রিয়া নষ্ট করতে।
ক্লোরাইড ঃ (a) ফেরাস ক্লোরাইড অনার্দ্র—$FeCl_2$ সোদক—$FeCl_2, 4H_2O$	$\underset{\text{(শুষ্ক)}}{Fe + 2HCl} \xrightarrow[\text{বায়ুর অবর্তমানে}]{\Delta} FeCl_2 + H_2$ $2FeCl_3 + H_2 \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl$ $\underset{\text{(লঘু দ্রবণ)}}{Fe + 2HCl} \longrightarrow \underset{\text{দ্রবণ}}{FeCl_2} + H_2$ $\xrightarrow{\text{কেলাসন}} FeCl_2, 4H_2O$	পরীক্ষাগারে বিকারক রূপে, জারক দ্রব্য হিসাবে, ওষুধ প্রস্তুতিতে।
* ফেরিক ক্লোরাইড অনার্দ্র $FeCl_3$ সোদক $FeCl_3, 6H_2O$ (* সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ফেরিক যৌগ)	$\underset{\text{(লোহিত-তপ্ত)}}{2Fe} + \underset{\text{(শুষ্ক)}}{3Cl_2} \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_3$ $Fe(OH)_3 + 3HCl \longrightarrow FeCl_3 + 3H_2O$ $\xrightarrow[\text{এবং কেলাসন}]{\text{দ্রবণ গাঢ়ীকরণ}} FeCl_3, 6H_2O$	
নাইট্রেট ঃ ফেরাস নাইট্রেট $Fe(NO_3)_2, 6H_2O$	$FeSO_4 + Pb(NO_3)_2 \xrightarrow[\text{দ্রবণে বিক্রিয়া}]{\text{লঘু অ্যালকোহল}} Fe(NO_3)_2 + PbSO_4$	
ফেরিক নাইট্রেট $Fe(NO_3)_3, 9H_2O$	$Fe + 4HNO_3$ (গাঢ়) $\longrightarrow Fe(NO_3)_3 + NO + 2H_2O$ $Fe(OH)_3 + \underset{\text{(গাঢ়)}}{3HNO_3} \longrightarrow Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$	রঞ্জন শিল্পে।
সালফেট ঃ * ফেরাস সালফেট (সবুজ ভিট্রিয়ল) $FeSO_4, 7H_2O$ [* সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ফেরাস যৌগ]	$Fe + H_2SO_4$ (লঘু) $\longrightarrow FeSO_4 + H_2$ $FeS + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2S$	মোরের লবণ, রঞ্জক প্রস্তুতিতে, রঞ্জন শিল্পে, কৃষিক্ষেত্রে (আগাছা নষ্ট করতে), লেখার কালি প্রস্তুতিতে।
ফেরিক সালফেট $Fe_2(SO_4)_3$	$2FeSO_4 + H_2SO_4$ (গাঢ়) $\xrightarrow{\text{ফোটালে}} Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + 2H_2O$	রঞ্জন শিল্পে, ওষুধ প্রস্তুতিতে।

2F.15 লোহার সনাক্তকরণ (Tests for iron)

শুষ্ক পরীক্ষা : (a) লৌহ যৌগের সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট বা গালক মিশ্রণ মিশিয়ে চারকোল-ব্লকের গর্তে রেখে বিজারণ শিখায় তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কালো বর্ণের অবশেষ পাওয়া যায়, যা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

(b) সোহাগাগুটি পরীক্ষায় লৌহ যৌগের সঙ্গে সোহাগাগুটি জারণ শিখায় হলুদ বর্ণ এবং বিজারণ শিখায় সবুজ বর্ণের হয় (১ম খণ্ডের বোরন অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

নিম্নলিখিত সিক্ত পরীক্ষা দ্বারা ফেরাস ও ফেরিক লবণের সনাক্তকরণ ও পার্থক্য করা যায় :

বিকারক	ফেরাস লবণ	ফেরিক লবণ
1. NaOH, KOH, NH_4OH	1. ফেরাস হাইড্রক্সাইডের সবুজাভ সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে, বায়ুতে জারিত হয়ে বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। $FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$	1. লালাভ বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$
2. অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ (NH_4CNS)	2. বর্ণ পরিবর্তন হয় না।	2. রক্তের ন্যায় লাল বর্ণের সৃষ্টি হয়।
3. পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ [$K_4Fe(CN)_6$]	3. সাদা অধঃক্ষেপ দ্রুত নীল বর্ণে পরিবর্তিত হয়।	3. গাঢ় নীল বর্ণের অধঃক্ষেপ (প্রাশিয়ান ব্লু) উৎপন্ন হয়।
4. পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ [$K_3Fe(CN)_6$]	4. গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।	4. অধঃক্ষেপ পড়ে না।

লেখার কালি : বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা Fe^{2+} আয়ন ধীরে ধীরে Fe^{3+} আয়নে জারিত হয়ে যায়। এই নীতিটিকে লিখবার কালি প্রস্তুতিতে কাজে লাগানো হয়ে থাকে। কালি প্রস্তুত করা হয় ফেরাস সালফেট দ্রবণে ট্যানিক অ্যাসিড মিশিয়ে, যার ফলে দ্রবণে বর্ণহীন ফেরাস ট্যানেট উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণে কলম ডুবিয়ে কাগজে লিখলে Fe^{2+} আয়ন বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ধীরে ধীরে Fe^{3+} আয়নে জারিত হবার ফলে কালো অদ্রাব্য ফেরিক ট্যানেট উৎপন্ন হয়। কালিতে অবশ্য কোন নীল বা কালো রঙ মিশিয়ে দেওয়া হয় যাতে লিখবার সঙ্গে সঙ্গেই অক্ষরগুলি দৃশ্যমান হয়। কাগজে কালি দিয়ে লিখবার সঙ্গে সঙ্গেই জল দিয়ে ধুয়ে ফেললে কাগজ থেকে কালির দাগ উঠিয়ে ফেলা সম্ভব। কিন্তু কালিতে বর্তমান Fe^{2+} আয়ন বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা Fe^{3+} আয়নে জারিত হয়ে গেলে কালির দাগ ওঠাতে গেলে উপযুক্ত কোন বিজারক দ্রব্যের অবশ্যই প্রয়োজন, যা Fe^{3+} আয়নকে Fe^{2+} আয়নে বিজারিত করতে পারে।

অনুশীলনী

1. অধাতব মৌলসমূহ থেকে ধাতব মৌলসমূহের পার্থক্য সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর। ধাতুকল্প কোন্ মৌলগুলিকে বলে ?
2. 'ধাতব-বন্ধনী' বলতে কি বোঝা যায় ? ধাতুসমূহের উচ্চ তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহিতা, উচ্চ ঘনত্ব, ধাতব-দ্যুতি এবং প্রসারণশীলতা—এই সব ধর্মের ব্যাখ্যা কিভাবে দেওয়া যায় ?

3. জলের সঙ্গে বিভিন্ন ধাতুর বিক্রিয়া কিভাবে হয় বিক্রিয়ার শর্ত উল্লেখ করে বর্ণনা কর। এই বিক্রিয়ার তীব্রতা থেকে ধাতুগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তার একটি তুলনামূলক চিত্র পাওয়া যেতে পারে কি?

4. ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে নিম্নলিখিত বিকারকগুলির বিক্রিয়া, বিক্রিয়াজাত পদার্থের নাম ও সমীকরণ সহ লেখ: (a) শুষ্ক বায়ু, (b) আর্দ্র বায়ু, (c) ক্লোরিন, (d) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (e) অ্যামোনিয়া।

5. **কি ঘটে সমীকরণ সহ লেখ:**

(a) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়ে হাইড্রোজেন প্রবাহিত করা হল এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থটির তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হল।

(b) সোডিয়ামকে অতিরিক্ত বায়ুতে দহনের পর উৎপন্ন পদার্থকে পৃথক ভাবে জলে এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করানো হল।

(c) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়ে শুষ্ক অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করার পর যে পদার্থটি পাওয়া গেল তাকে জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করানো হল।

(d) জ্বলন্ত সোডিয়াম কার্বন ডাই-অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হল।

(e) ফেরিক অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়ামের মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল।

(f) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত ফেরিক সালফেট দ্রবণে জিংক মেশানো হল।

(g) কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্কের পাত ডোবানো হল।

(h) উত্তপ্ত লৌহ চূর্ণের উপর দিয়ে স্টীম পাঠানো হল।

(i) কপার সালফেট দ্রবণে একটি লৌহ দণ্ড ডোবানো হল।

(j) চুন জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অতিরিক্ত CO_2 চালনা করা হল।

(k) ক্যালসিয়াম ধাতুকে বাতাসে উত্তপ্ত করা হল।

(l) সাধারণ তাপমাত্রায় কলিচুনের উপর দিয়ে ক্লোরিন চালনা করা হল।

(m) ধাতব ক্যালসিয়ামের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটানো হল।

(n) বাতাসে অ্যালুমিনিয়াম পুড়িয়ে উৎপন্ন পদার্থকে জল মিশিয়ে ফোটানো হল।

(o) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল।

(p) অ্যালুমিনা ও কার্বনের উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হল।

(q) সোডিয়াম নাইট্রেট ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের মিশ্র দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল।

(r) কস্টিক সোডা দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ যোগ করা হল এবং মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হল।

(s) ব্লু-ভিট্রিয়লকে ধীরে ধীরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল।

(t) কপার সালফেট দ্রবণকে প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল।

(u) জিংক সালফেট দ্রবণে কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল।

(v) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করা হল।

(w) উত্তপ্ত আয়রন চূর্ণের উপর দিয়ে কার্বন মনোক্সাইড পাঠানো হল।

(x) জিপসামকে ধীরে ধীরে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হল।

(y) জিপসামকে জলে নিয়ে একই সঙ্গে অ্যামোনিয়া গ্যাস এবং CO_2 গ্যাস প্রবাহিত করা হল। [H. S. 1981]

(z) ফেরাস সালফেট কেলাসকে অতিমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল। [H. S. 1983]

6. **নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে কিভাবে প্রস্তুত করবে?**

(a) কপার কার্বনেট থেকে কিউপ্রাস ক্লোরাইড। [H. S. '83]

(b) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড। [H. S. '80]

(c) বক্সাইট থেকে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা। [H. S. '80]

(d) (i) কুইক লাইম এবং কলিচুন, (ii) কপার এবং কপার পিরাইটিস থেকে তুঁতে।

(e) হীরাকস (greenvitriol)। [H. S. '78]

(f) ফেরিক ক্লোরাইড, (g) ফেরিক অক্সাইড, (h) জিংক অক্সাইড, (i) হোয়াইট ভিট্রিয়ল,

(j) অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড, (k) $Na_2SO_4, 10H_2O$, (l) Na_2O_2।

(m) সাধারণ লবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড।

(n) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড।

(o) কিউপ্রিক অক্সাইড থেকে কিউপ্রাস ক্লোরাইড। [J. E. E. '79]

(p) গ্রীন ভিট্রিয়ল থেকে রুজ। [J. E. E. '79]

7. (i) কপার ছিবড়া এবং (ii) কপার পাইরাইটিস থেকে ব্লু-ভিট্রিয়ল প্রস্তুতি পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং এর ব্যবহার উল্লেখ কর।

8. (a) লোহা থেকে কিরূপে (i) $FeSO_4$, (ii) অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড, (iii) ফেরিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়?

(b) ফেরাস লবণ ও ফেরিক লবণের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ কিভাবে করবে?

9. **টীকা লেখ:**

(a) গ্যালভানাইজেসান (Galvanisation) ও এর উপযোগিতা। [H. S. '83] (b) লিথোফোন (Lithopone), (c) লাইম লাইট (Lime light), (d) হাইড্রলিথ, (e) নিষ্ক্রিয় লোহা (Passive iron), (f) লিথার্জ, (g) লৌহে মরিচা পড়া (Rusting of iron) এবং এর নিবারণ।

10 **কারণ দর্শাও:**

(a) সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না। [J. E. E. '85]

(b) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ অ্যাসিড ধর্মী।

(c) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

(d) কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রাব্য।

(e) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করে ফেরিক কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।

(f) জিংকের উপস্থিতিতে লোহার ক্ষয় হ্রাস পায়। [J. E. E. '85]

(g) আর্দ্র বায়ুতে রেখে দিলে কপারের উপর সবুজাভ আস্তরণ পড়ে।

(h) কপার সালফেট দ্রবণে আয়রন বা জিংক যোগ করলে কপার প্রতিস্থাপিত হয়।

(i) কপারের সঙ্গে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া সহজে হয় না কিন্তু জিংকের সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া হয়।

(j) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে লোহা দ্রবীভূত হয় কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না।

(k) জিংক লঘু অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করে কিন্তু কপার লঘু অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন মুক্ত করতে পারে না।

(l) কপার সালফেট দ্রবণ লৌহ নির্মিত পাত্রে রাখা যায় না। [J. E. E. '82]

(m) অ্যালুমিনিয়াম আয়রন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী বিজারক। [J. E. E. '80]

11. নিম্নলিখিত যৌগগুলির উপর তাপের প্রভাব সমীকরণ সহ আলোচনা কর।

(a) সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (b) গ্রীন ভিট্রিয়ল [J. E. E. '78], (c) সোডিয়াম কার্বনেট, (d) সোডিয়াম বাইকার্বনেট, (e) সোডিয়াম নাইট্রেট, (f) ফেরিক ক্লোরাইড, (g) ক্যালসিয়াম কার্বনেট, (h) জিপসাম, (i) $CuNO_3$। [J. E. E. '78]

12. দুটি ধাতু X এবং Y-এর নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। X-নিম্ন গলনাংক, প্রকৃতিতে ক্লোরাইড রূপে পাওয়া যায় এবং একটি ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুটির অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।

Y-উচ্চ গলনাংক বিশিষ্ট, ক্লোরাইড গঠন করে, ধাতুটিকে অক্সাইড রূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, অক্সাইড সুস্থিত। ধাতু দুটিকে তাদের আকরিক থেকে কিভাবে নিষ্কাশন করা যাবে খুব সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [I. I. T. '78]

[**উত্তর-আভাষ :** X ধাতুকে নিষ্কাশন করতে হবে এর বিগলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে। ক্যাথোডে উৎপন্ন ধাতু X যাতে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিনের সংস্পর্শে না আসতে পারে তার ব্যবস্থা রাখতে হবে, কারণ ক্লোরিনের সংস্পর্শে ধাতু ক্লোরাইড গঠন করবে। ক্যাথোডে উৎপন্ন ধাতুকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারণের হাত থেকেও রক্ষা করতে হবে, না হলে ধাতু অক্সাইড গঠন করে পরিণামে হাইড্রক্সাইডে পরিণত হবে। বিগলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে তাপমাত্রা খুব উচ্চ হবার প্রয়োজন নেই, কারণ ধাতুর গলনাংক কম, তাছাড়া তাপমাত্রা উচ্চ হলে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন বিক্রিয়া পাত্রের ক্ষয় সাধন করতে পারে। উৎপন্ন ধাতুকে জল বা জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে রাখা যাবে না। রাখতে হবে জল নেই এমন কোন উপযুক্ত দ্রাবকে, যথা কেরোসিন বা বেঞ্জিনের মধ্যে।

Y ধাতুকে নিষ্কাশন করতে হবে এর অক্সাইড থেকে। অক্সাইড যেহেতু সুস্থিত সুতরাং কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে অক্সাইডকে বিজারিত করা যাবে না। ধাতুটি ক্লোরাইড গঠন করে, সুতরাং অক্সাইডকে অনার্দ্র ক্লোরাইড যৌগে পরিবর্তিত করে বিগলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতুটি নিষ্কাশিত হতে পারে। অথবা অক্সাইড যদি ধাতুটিরই কোন হ্যালাইড যৌগে মিশিয়ে গলিত করে গলিত মিশ্রণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটানো যায় তাহলেও ধাতুটির নিষ্কাশন সম্ভব। তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে তাপমাত্রা উচ্চ রাখা প্রয়োজন, কারণ ধাতুটি উচ্চ গলনাংক সম্পন্ন।]

13. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে ক্রমবর্ধমান ক্ষারকীয়তা অনুসারে সাজাও :
MgO, ZnO, CaO, Na_2O [H. S. '85]
[উঃ Na_2O, CaO, MgO, ZnO ; ধাতব মৌলসমূহের তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী দ্রষ্টব্য]

(b) দস্তা লেপন ও টিন প্লেটিং-এর তুলনা কর। [H. S. '85]

(c) যেখানে যে বিকারক প্রয়োজন ব্যবহার করে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির ধাপগুলি লেখ।
(i) $Zn \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnS$, (ii) $Cu \rightarrow CuSO_4$

(d) মেশাবার উদ্দেশ্য কি :
(i) ডাউনুসের পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনে অনার্দ্র $CaCl_2$।
(ii) লৌহ উৎপাদনে মারুত চুল্লীতে চুনাপাথর (প্রয়োজনে সমীকরণ দাও) [J. E. E. '78]

(e) নিম্নলিখিত বস্তুগুলিকে প্রদত্ত নির্দেশ মত সাজাও :
(i) Zn, Mg, Cu, Na (ক্রমবর্ধমান তড়িৎ-ধনাত্মকতা অনুসারে)।
(ii) MgO, ZnO, CuO, CaO (ক্রমবর্ধমান ক্ষারকীয়তা অনুসারে)।

(f) নিম্নলিখিত আকরিকগুলি থেকে যে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় "তার নাম" লেখ :
(i) কারনালাইট, (ii) চ্যালকোপাইরাইট, (iii) গ্যালেনা, (iv) ডলোমাইট। [J. E. E. '81]

14. (i) নিম্নলিখিত ধাতুগুলির উপর জলের ক্রিয়া সমীকরণ সহ আলোচনা কর।
(a) সোডিয়াম, (b) ক্যালসিয়াম, (c) অ্যালুমিনিয়াম, (d) জিংক, (e) আয়রন।

(ii) গ্যালভানাইজেসন ও শেরারডাইজিং বলতে কি বোঝায় ? এই দুটি পদ্ধতির তফাৎ কি ?

(iii) নিম্নলিখিত বিকারকগুলির সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লেখ :
(a) ফেরিক ক্লোরাইড, (b) কস্টিক পটাশ, (c) নাইট্রিক অ্যাসিড, (d) গাঢ় ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড, (e) কপার সালফেট দ্রবণ।

15. কপারের দুটি ভৌত ধর্মের উল্লেখ কর। কি শর্তে নিম্নলিখিত বিকারকগুলি কপারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সমীকরণ সহ লেখ।
(a) সালফিউরিক অ্যাসিড, (b) নাইট্রিক অ্যাসিড, (c) ক্লোরিন, (d) বায়ু।

16. নীচের ধাতুগুলি তড়িৎ-ধনাত্মকতার ক্রমানুসারে সাজান হয়েছে।

$$Na > Ca > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > H > Cu > Ag > Pt$$

এই তথ্য থেকে নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও ঃ

(a) Na এবং Zn-এর মধ্যে কার বিজারণ ক্ষমতা বেশী ?

(b) Na, Zn, Cu, Pt-এর মধ্যে কোনগুলি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় ?

(c) Na এবং Fe-এর মধ্যে কোনটি কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যাবে ?

(d) Ca এবং Sn এর মধ্যে কার অক্সাইড সুস্থিত ?

(e) লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় কোন ধাতুগুলি হাইড্রোজেন মুক্ত করবে না ?

(f) Na_2O-এবং Cu_2O-এর মধ্যে কোনটি বেশী ক্ষারকীয় ?

17. একটি ধাতুর যোজ্যতা 1 এবং 2, তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে ধাতুটির স্থান হাইড্রোজেনের নীচে।

(a) ধাতুটির সম্বন্ধে নীচের বিষয়গুলি সম্বন্ধে তোমার মন্তব্য লেখ।

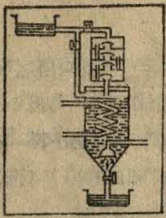
(i) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া।

(ii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া।

(iii) এর অক্সাইডের উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়া।

(iv) কার্বনেটের উপর তাপের প্রয়োগ।

(b) ধাতুটি কোন পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যাবে ?



কতিপয় ধাতব যৌগের শিল্পোৎপাদন ও ব্যবহার 3

[LARGE SCALE PRODUCTION OF SOME METALLIC COMPOUNDS AND THEIR USES]

Syllabus : Large scale production and uses of Caustic Soda, Sodium Carbonate and Bicarbonate, Quick Lime and Slaked Lime, Bleaching Powder, Plaster of Paris, Common Alum.

3.1 সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কস্টিক সোডা, (NaOH)

প্রস্তুতি (Preparation) : বাণিজ্যিক ভিত্তিতে কস্টিক সোডা দুটি পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় ঃ

I. ক্ষারীকরণ বা সোডা-কলিচুন পদ্ধতি (Causticising or lime-soda process)

II. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process)

I. ক্ষারীকরণ পদ্ধতি (Causticising process) ঃ

A. তত্ত্ব ঃ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে কলিচুন মিশ্রিত করলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে থাকে।

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons 2NaOH + CaCO_3 \downarrow$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী, আয়নীয় সমীকরণটি এইভাবে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$CO_3^{2-} + Ca(OH)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 \downarrow + 2OH^-$$

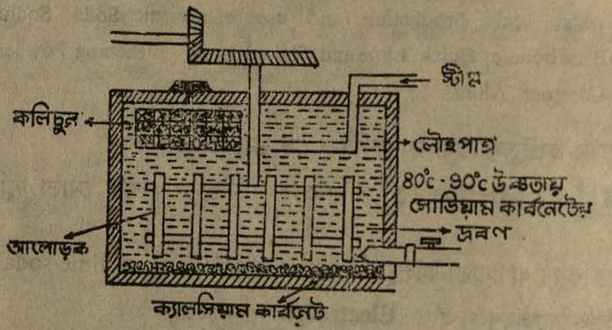
ক্যালসিয়াম কার্বনেট ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর অদ্রাব্য। সুতরাং বিক্রিয়া দক্ষিণ-অভিমুখী হবে অর্থাৎ বিক্রিয়া সম্পূর্ণতার দিকে এগোবে। সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ়ত্ব কমার সঙ্গে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের দ্রাব্যতা বেড়ে যায় আবার সেইসঙ্গে OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়ার ফলে $Ca(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা কমে যায়। $CaCO_3$ এবং $Ca(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা সমান হলে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয় ঃ

$$\frac{[OH^-]^2}{[CO_3^{2-}]} = K, \qquad K = \text{সাম্য ধ্রুবক}$$

এই $[OH^-]^2/[CO_3^{2-}]$ অনুপাতের উপর ক্ষারীকরণ পদ্ধতির উৎপাদন ক্ষমতা নিয়ন্ত্রিত হয়, সুতরাং দেখা যাচ্ছে $[CO_3^{2-}]$ কম হলে অর্থাৎ লঘু Na_2CO_3 দ্রবণ ব্যবহার করলে কস্টিক সোডার উৎপাদন ভাল হয়। কিন্তু খুব বেশী লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের ব্যবহার বাণিজ্যিক দিক থেকে লাভজনক নয়। পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে দেখা গেছে Na_2CO_3-এর 20% ঘনত্ব বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে ব্যবহারের যথোপযুক্ত ঘনত্ব (optimum concentration)। পদ্ধতিটি গ্যাসেজের পদ্ধতি (Gassage's process) নামেও পরিচিত।

B. পদ্ধতি (Process) : চতুষ্কোণ লোহার ট্যাঙ্কে বাণিজ্যিক সোডিয়াম কার্বনেটের (Soda ash) 10—20% দ্রবণ নেওয়া হয়। ট্যাঙ্কের উপরের ঢাকনার সঙ্গে যুক্ত তারজালির বাক্সে প্রয়োজন অপেক্ষা সামান্য বেশী চুন (বড় বড় টুকরা) নিয়ে দ্রবণে ডুবিয়ে রাখা হয়, চুন জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফুটতে থাকে। ট্যাঙ্কের মধ্যে যুক্ত একটি যান্ত্রিক আলোড়কের সাহায্যে দ্রবণটি আলোড়িত করা হয়। বিক্রিয়ার তাপমাত্রা 80°—90°সে. রাখার জন্য বিক্রিয়ক ট্যাঙ্কের মধ্যে স্টীম চালনা করা হয়। বাস্তবে দেখা যায় ব্যবহৃত সোডিয়াম কার্বনেটের প্রায়

91—92% সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়, কিছুটা সোডিয়াম কার্বনেট অবিকৃত অবস্থায় দ্রবণে থাকে। এক ঘণ্টা পর আলোড়ন বন্ধ করে দেওয়া হয়, ফলে অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বনেট, অতিরিক্ত কলিচুন ট্যাঙ্কের নীচে কাদার আকারে জমে যায়। উপরের স্বচ্ছ তরলকে আস্রাবিত করে নেওয়া হয়, এর মধ্যে প্রায় 12% কস্টিক সোডা এবং কিছু অবিকৃত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত



চিত্র 3·1 : কস্টিক সোডা প্রস্তুতির ক্ষারীকরণ পদ্ধতি।

থাকে। এই দ্রবণকে অনুপ্রেষ পদ্ধতিতে 50% গাঢ় করলে অবিকৃত সোডিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়, একে পৃথক করে নেওয়া হয়। এর পর দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে লোহার পাত্রে গলিয়ে ছাঁচে ঢেলে লম্বা লাঠির আকারে, দানা বা চ্যাপ্টা প্লেটের আকারে পরিণত করা হয়।

এই পদ্ধতিতে উপজাত $CaCO_3$ পুড়িয়ে CaO প্রস্তুত করে, এটিকে $Ca(OH)_2$-তে পরিবর্তিত করে আবার কস্টিক সোডা উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় কাঁচামাল Na_2CO_3-এর দাম বেশী বলে NaOH-এর উৎপাদন ব্যয় অধিক হয়, উপরন্তু এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কস্টিক সোডা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। তবুও এই পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুত করা হয়, কারণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সফলতা নির্ভর করে উপজাত ক্লোরিনের সদ্ব্যবহারের উপর।

এই পদ্ধতিতে তুলনামূলকভাবে মৃদুতর ক্ষারক সোডিয়াম কার্বনেটকে তীব্রতর ক্ষার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করা হয়, সেইজন্য এই পদ্ধতিকে ক্ষারীকরণ পদ্ধতি বলা হয়।

প্রশ্ন : 3.1 ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত সোডিয়াম কার্বনেটের ঘনত্ব কত রাখা হয়?

3.2 ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের কত শতাংশ পরিমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়?

II. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process) :

A. তত্ত্ব : এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড বা নুনজলের সম্পৃক্ত দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। গাঢ় জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইড Na^+ এবং Cl^- আয়নে বিয়োজিত হয়। জলের বিয়োজনের ফলে দ্রবণে H^+ এবং OH^- আয়নও কিছু পরিমাণে থাকে।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- ; \quad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাটায়নসমূহ Na^+ এবং H^+ ক্যাথোডে আকৃষ্ট হয় এবং অ্যানায়নসমূহ Cl^- এবং OH^- অ্যানোডে আকৃষ্ট হয়। Na-এর চেয়ে H কম তড়িৎ ধনাত্মক মৌল সুতরাং H^+ আয়ন Na^+ আয়নের চেয়ে আগে ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিস্তড়িৎ H_2 অণু গঠন করে ক্যাথোড থেকে নির্গত হয়। গাঢ় দ্রবণে OH^- আয়ন অপেক্ষা Cl^- আয়নের আধিক্য বেশী হওয়ায় Cl^- আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করে Cl পরমাণুতে পরিণত হয় এবং

পরে Cl_2 অণু হিসেবে অ্যানোড থেকে নির্গত হয়। H^+ আয়ন ক্যাথোডে ক্ষরিত (discharge) হওয়ার জন্য দ্রবণে OH^- আয়নের আধিক্য ঘটে, এই OH^- ক্যাথোডের নিকটে অবস্থিত Na^+ এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে NaOH গঠন করে।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $H^+ + e \longrightarrow [H]\ ;\ [H] + [H] \longrightarrow H_2 \uparrow$

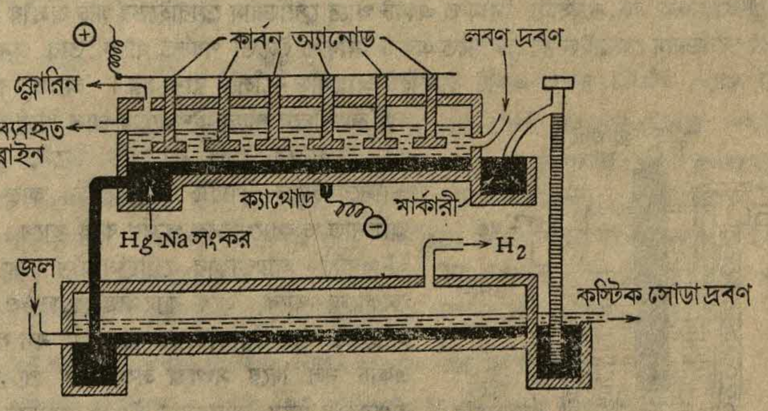
অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Cl^- - e \longrightarrow [Cl]\ ;\ [Cl] + [Cl] \longrightarrow Cl_2 \uparrow$

ক্যাথোডের কাছাকাছি দ্রবণে বিক্রিয়া : $Na^+ + OH^- \longrightarrow NaOH$

অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন ক্যাথোডে উৎপন্ন NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিছুটা NaCl এবং NaOCl, $NaClO_3$ উৎপন্ন করতে পারে এবং এর ফলে কিছুটা NaOH ব্যয়িত হবে। সেইজন্য যাতে ক্যাথোডে উৎপন্ন কস্টিক সোডা অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিনের সঙ্গে মিশতে না পারে তার ব্যবস্থা করা প্রয়োজন। এই উদ্দেশ্যে উৎপাদনের জন্য দুরকমের বৈদ্যুতিক সেল ব্যবহৃত হয় যাতে NaOH এবং Cl_2 পৃথক কক্ষে প্রস্তুত হয়।

(i) মার্করী ক্যাথোড সেল (Mercury Cathode cell), (ii) মধ্যারক সেল (diaphragm cell)।

1. মারকারি ক্যাথোড সেল (Mercury cathode cell) : কেলনার সলভে সেলে (কাস্টনার-কেলনার সেলের উন্নত রূপ) গ্রাফাইট অ্যানোড এবং সিমেন্ট নির্মিত ট্যাংকের মেঝের উপর দিয়ে সরু স্তরে প্রবাহিত মারকারিকে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করে NaCl-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। ক্যাথোড রূপে ব্যবহৃত এই মারকারি এবং লবণ জল একই দিকে প্রবাহিত করা হয়। অ্যানোডে Cl^- আয়ন ক্ষরিত হয়ে ক্লোরিন গ্যাস রূপে নির্গত হয়, এই Cl_2 গ্যাস মৃত্তিকা নির্মিত নল দ্বারা প্রবাহিত করে ঘনীভূত করে তরলে পরিণত করা হয় বা HCl, ব্লিচিং পাউডার, সোডিয়াম হাইপো-ক্লোরাইট প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। মারকারি ক্যাথোডে H^+ আয়নের চেয়ে Na^+ আগে ক্ষরিত হয় (কারণ Mercury has a high hydrogen over-voltage, and therefore H^+ ions are not discharged at mercury cathode) এবং উৎপন্ন সোডিয়াম মারকারির সঙ্গে তরল পারদ-সংকর গঠন করে।



চিত্র 3.2 : মারকারি ক্যাথোড সেলে কস্টিক সোডা উৎপাদন।

উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যামালগাম নীচের লৌহনির্মিত ট্যাঙ্কে প্রবাহিত করা হয়, এখানে অ্যামালগাম লৌহপাত্রের সংস্পর্শে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন এবং মারকারি উৎপন্ন হয়।

এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত দুটি ট্যাংকের, উপরের ট্যাংকটিকে মুখ্য সেল এবং নীচের সেলটিকে গৌণ সেল বলা হয়। আয়রন এবং অ্যামালগামের মধ্যে একটি তড়িৎ-বর্তনীর সৃষ্টি হয়। অ্যামালগাম থেকে সোডিয়াম, দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন রূপে আসে ($Na \rightarrow Na^+ + e$) এবং

ইলেকট্রন মারকারির মাধ্যমে আয়রনে চলে যায়, জলের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন আয়রন থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রোজেন গ্যাস হিসেবে সেখানে নির্গত হয়।

মুখ্য সেলে বিক্রিয়া :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- ; \quad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে : $Na^+ + e \rightarrow Na$

$Na + Hg \rightarrow Na/Hg$

অ্যানোডে : $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$

$2[Cl] \rightarrow Cl_2 \uparrow$

গৌণ সেলে বিক্রিয়া :

$$2Na/Hg \rightarrow 2Na^+ + 2e + 2Hg \downarrow$$
$$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$$
$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$$

নীট বিক্রিয়া : $2Na/Hg + 2H_2O = \underbrace{Na^+ + OH^-}_{NaOH} + 2Hg \downarrow + H_2 \uparrow$

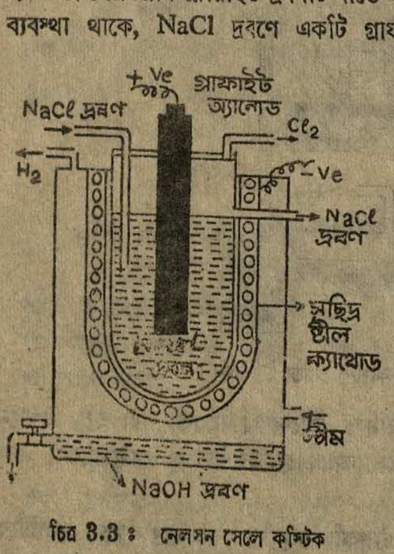
NaOH

দ্রবণে শুধু Na^+ এবং OH^- আয়ন অর্থাৎ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড থাকে। দ্রবণে যখন 40% NaOH হয় তখন একে বাষ্পীভূত করে শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক NaOH-কে গলিয়ে ছাঁচে ঢেলে দণ্ড বা দানার আকার করা হয়। সোডিয়াম থেকে মুক্ত মারকারি পুনরায় মুখ্য সেলে পাঠানো হয়। পরিত্যক্ত লবণ জলে আরও লবণ মিশিয়ে সম্পৃক্ত করে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন : 3.3 সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোড ও অ্যানোডে উৎপন্ন পদার্থের নাম বল।

3.4 মারকারি ক্যাথোড সেলে ক্যাথোডে H^+ আয়ন ক্ষরিত না হয়ে Na^+ আয়ন ক্ষরিত হওয়ার কারণ কি?

2. মধ্যাবরক সেল (Diaphragm cell) (নেলসন সেল) : এই সেলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্র যুক্ত U-আকৃতির অ্যাসবেসটস নির্মিত একটি পাত্রে সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয় এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণটি যাতে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা পর্যন্ত থাকে তার জন্য স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থা থাকে, NaCl দ্রবণে একটি গ্রাফাইট অ্যানোড ঝুলিয়ে রাখা হয়। অ্যাসবেসটস পাত্রটির বহির্ভাগ দিয়ে সছিদ্র ইস্পাতের পাত দিয়ে মোড়া থাকে, এই ইস্পাতের পাত ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে। অ্যাসবেসটসের পাত্রটি মধ্যাবরকের কাজ করে এবং অ্যানোড ও ক্যাথোডকে পৃথক করে রাখে। এই গোটা U-পাত্রটি আয়তাকার লৌহনির্মিত বড় প্রকোষ্ঠে ঢোকানো থাকে, একে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠও বলা হয়। অ্যানোড পাত্রটির ঢাকনার সঙ্গে দুটি নল যুক্ত থাকে— একটি নল দিয়ে সম্পৃক্ত লবণ জল প্রবেশ করে এবং অপর নল দিয়ে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন নির্গত হয়ে যায়। অতিরিক্ত লবণ জল বেরিয়ে যাওয়ার জন্য U-পাত্রের সঙ্গে একটি নির্গম নল যুক্ত থাকে (চিত্র 3.3)। ক্যাথোড প্রকোষ্ঠের ঢাকনার উপরে ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেন নির্গমনের জন্য একটি নল যুক্ত থাকে, গোটা U-পাত্রটিকে উত্তপ্ত করার জন্য লৌহ প্রকোষ্ঠের গায়ে স্টীম প্রবেশের নল এবং প্রকোষ্ঠের নীচের দিকে NaOH নির্গমনের জন্য একটি স্টপককযুক্ত নল যুক্ত থাকে। স্টীম দ্বারা U-পাত্রটি উত্তপ্ত



চিত্র 3.3 : নেলসন সেলে কস্টিক সোডা উৎপাদন।

করলে (i) NaCl দ্রবণ উত্তপ্ত হয়, ফলে দ্রবণের রোধ কমে যায়। (ii) মধ্যাবরকের (diaphragm) ছিদ্রগুলি পরিষ্কার হয়ে যায় যাতে দ্রবণ ক্যাথোডের সংস্পর্শে আসতে পারে। (iii) উৎপন্ন NaOH দ্রবীভূত হয়ে যায়। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত লবণ জল বিশেষরূপে বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন, কারণ আয়রন বা অন্য কোন ধাতব লবণ উপস্থিত থাকলে কস্টিক সোডার সঙ্গে তাদের বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে যা মধ্যাবরকের ছিদ্রগুলি বন্ধ করে দেয়।

ক্যাথোড ও অ্যানোড ব্যাটারির সঙ্গে যুক্ত করে সেলের মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ অ্যাসবেসটস পাত্রের ছিদ্র পথে বেরিয়ে ক্যাথোডের সংস্পর্শে আসলে তড়িৎ বিশ্লেষণ শুরু হয়। Cl^- এবং OH^- আয়ন উভয়ই অ্যানোডে আকৃষ্ট হয় কিন্তু Cl^- আয়নের পরিমাণ দ্রবণে OH^- আয়ন অপেক্ষা বেশী হওয়ায় Cl^- আয়ন আগে অ্যানোডে ইলেকট্রন দান করে ক্লোরিন পরমাণু রূপে মুক্ত হয়ে গ্যাস হিসেবে অ্যানোড পাত্রে যুক্ত নির্দিষ্ট পথে মুক্ত হয়। অপর পক্ষে Na^+ এবং H^+ উভয় আয়নই ক্যাথোডে আকৃষ্ট হয়, H^+ আয়ন Na^+ আয়ন অপেক্ষা আগে ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হাইড্রোজেন পরমাণু রূপে মুক্ত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস হিসেবে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে যুক্ত নির্দিষ্ট পথে নির্গত হয়। দ্রবণে Na^+ এবং OH^- পড়ে থাকে অর্থাৎ NaOH থাকে। NaOH বা কস্টিক সোডা ক্যাথোডে জমা হয় এবং ইহা স্টীমে দ্রবীভূত হয়ে ক্যাথোড প্রকোষ্ঠের মেঝের উপর সঞ্চিত হয়। এই দ্রবণে 10—12% NaOH এবং কিছুটা NaCl (প্রায় 15%) থাকে। এই মিশ্র দ্রবণকে মাঝে মাঝে এই NaOH দ্রবণকে প্রকোষ্ঠ থেকে বের করে আনা হয় এবং অনুপ্রেষ পাতন পদ্ধতিতে গাঢ় করা হয়, ফলে NaCl-এর বেশীরভাগই কেলাসিত হয়ে পৃথক্ হয়ে যায়। শেষে এই গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণকে লোহপাত্রে শুষ্ক ও গলিত করে ছাঁচে ঢেলে দানার আকারে NaOH প্রস্তুত করা হয়।

বিক্রিয়া : দ্রবণের বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নসমূহ,

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- ; \qquad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে : $H^+ + e \longrightarrow [H]$ অ্যানোডে : $Cl^- - e \longrightarrow [Cl]$

$[H] + [H] \longrightarrow H_2 \uparrow$ $\qquad [Cl]+[Cl] \longrightarrow Cl_2 \uparrow$

দ্রবণে : $Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH.$

[বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে NaOH উৎপাদনে মধ্যাবরক সেল বা নেলসন-সেল পদ্ধতিতে উৎপাদন ব্যয় মারকারি ক্যাথোড পদ্ধতিতে উৎপাদন ব্যয় অপেক্ষা কম। কিন্তু মধ্যাবরক সেল-পদ্ধতিতে উৎপন্ন NaOH দ্রবণ লঘু এবং উৎপন্ন NaOH-এ অনেকটা পরিমাণ সাধারন লবণ অশুদ্ধি হিসেবে থাকে। বর্তমানে মধ্যাবরক সেল পদ্ধতিতে উৎপন্ন NaOH কে অ্যালকোহল বা অ্যামোনিয়া দ্রবণ দিয়ে গরম করে অদ্রাব্য NaCl পৃথক করে অ্যালকোহল বা অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে সংগ্রহ করা হয়।

প্রশ্ন : 3.5 মধ্যাবরক সেলে ব্যবহৃত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে গরম করা হয় কেন?

3.6 মধ্যাবরক পদ্ধতিতে ব্যবহৃত লবণ জল বিশেষরূপে বিশুদ্ধ হওয়ার প্রয়োজন কেন?

ব্যবহার (Uses) : (i) সাবান, কাগজ, কৃত্রিম সিল্ক, রং, ফিল্ম প্রভৃতি প্রস্তুতিতে কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়। (ii) পেট্রোলিয়াম থেকে সালফার মুক্ত করার জন্য, বক্সাইট পরিশোধনে ব্যবহৃত হয়। (iii) গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ধাতব সোডিয়াম উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(iv) রবার শিল্পে, আলকাতরা থেকে ফেনলজাতীয় পদার্থ দূর করতে, ধাতব পাত ও যন্ত্রাংশ থেকে তৈলাক্ত পদার্থ মুক্ত করতে। আয়ন-মুক্ত জল প্রস্তুতির অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনকে পুনরুজ্জীবিত করার জন্য। রসায়নাগারে বিকারক হিসেবে NaOH ব্যবহৃত হয়।

3.2 সোডিয়াম কার্বনেট (Sodium Carbonate, Na_2CO_3)

সূচনা (Introduction)

সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির বাণিজ্যিক পদ্ধতি সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন ফরাসী দেশের নিকোলাস লে' ব্ল্যাংক (Nicolas Le Blanc) 1787 খ্রীষ্টাব্দে। 1866 খ্রীষ্টাব্দ পর্যন্ত এই পদ্ধতি সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির জন্য একচেটিয়াভাবে ব্যবহৃত হত। 1866 খ্রীষ্টাব্দের পর আরও উন্নত পদ্ধতি যেমন অ্যামোনিয়া সোডা বা সলভে পদ্ধতি আবিষ্কৃত হওয়ার পর লে' ব্ল্যাংক পদ্ধতির গুরুত্ব কমে যায়। বর্তমানে যেসব দেশে বিদ্যুৎ সস্তা সেখানে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করা হয়। বর্তমান চাহিদার বেশীরভাগ সোডিয়াম কার্বনেট সলভে পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

প্রস্তুতি (Preparation) :

সোডিয়াম কার্বনেটের বাণিজ্যিক-উৎপাদন তিনটি পদ্ধতিতে করা যায়। প্রতিটি পদ্ধতিরই প্রারম্ভিক কাঁচা মাল সোডিয়াম ক্লোরাইড। পদ্ধতিগুলি নিম্নরূপ :

I. **লে' ব্ল্যাংক পদ্ধতি** (Le Blanc's process),

II. **অ্যামোনিয়া-সোডা পদ্ধতি বা সলভে পদ্ধতি** (Ammonia Soda or Solvay process)

III. **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Electrolytic process)

I. লেঁ ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি (Le Blanc proeess) :

এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসেবে (i) **সোডিয়াম ক্লোরাইড**, (ii) **সালফিউরিক অ্যাসিড**, (iii) চুনাপাথর, (iv) কোক ব্যবহৃত হয়।

A. নীতি (Principle) : প্রথমে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে মিশ্রণ উত্তপ্ত করে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম সালফেটের সঙ্গে সমপরিমাণে চুনাপাথর ও অর্ধপরিমাণে কোক মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হয়, ফলে সোডিয়াম সালফেট বিজারিত হয়ে সোডিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়, সোডিয়াম সালফাইড চুনাপাথরের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে। জলে দ্রবীভূত করে এই সোডিয়াম কার্বনেট পৃথক করা হয়।

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$
$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO\uparrow$$
$$Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3\downarrow + CaS\downarrow$$

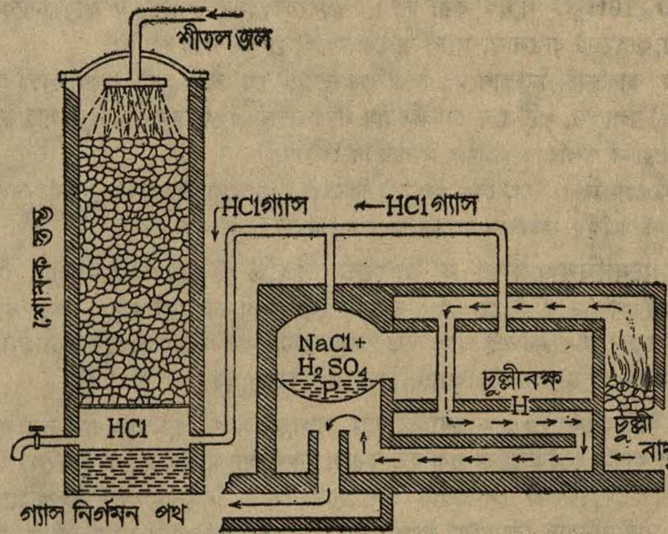
B. পদ্ধতি (Method) : এই পদ্ধতিতে তিনটি ধাপে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয় :

1. সল্টকেক প্রস্তুতি (Production of salt-cake) :

গ্যাস-নিরুদ্ধ চুল্লীতে (gas tight furnace) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় দুটি ধাপে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। 2 : 1 অনুপাতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড প্যানে (P) রেখে উত্তপ্ত করা হয়, এতে সোডিয়াম বাইসালফেট এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। প্যানে উৎপন্ন সোডিয়াম বাইসালফেট সেই চুল্লীবক্ষে (H) (hearth) নিয়ে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়, ফলে সোডিয়াম বাইসালফেট বিয়োজিত হয়ে সোডিয়াম সালফেট ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই সোডিয়াম সালফেটকে সল্টকেক বলা হয়।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \quad \text{(প্যানে, 200° সে. তাপমাত্রায়)}$$
$$NaCl + NaHSO = Na_2SO_4 + HCl \quad \text{(হার্থে, 500°-600° সে. তাপমাত্রায়)}$$

কোকভর্তি স্তম্ভের নীচ থেকে HCl গ্যাস প্রবাহিত করে এবং উপর থেকে জল ফেলে জলে দ্রবীভূত করে বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

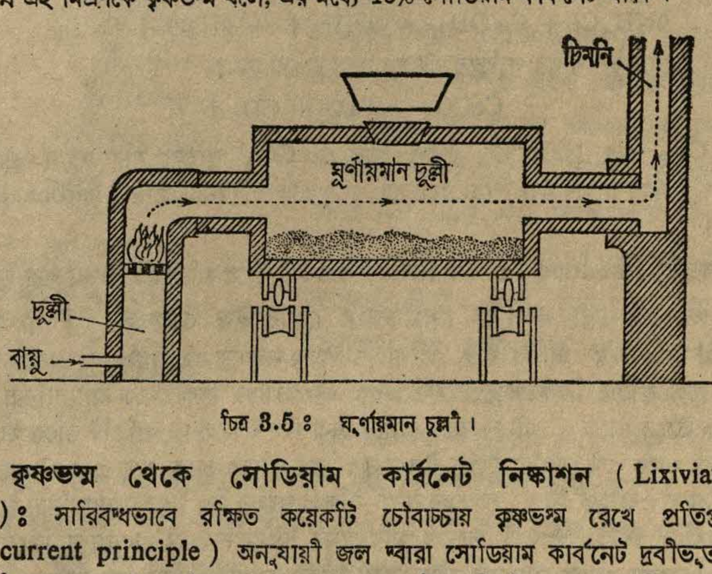


চিত্র 3.4 : সল্টকেক প্রস্তুতি।

(1) **সল্টকেক থেকে কৃষ্ণভস্ম প্রস্তুতি** (**Conversion of salt-cake into black ash**) : সল্টকেক উত্তমরূপে চূর্ণ করে এর সঙ্গে সমপরিমাণে চুনাপাথর এবং অর্ধ ওজনের কোক মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রণকে ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে তীব্রভাবে (800°—1000° সে.) উত্তপ্ত করা হয়, ফলে সল্টকেক কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে সোডিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়। এই সোডিয়াম সালফাইড ও চুনাপাথরের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO\uparrow\ ;\ Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$$

উৎপন্ন এই মিশ্রণকে কৃষ্ণভস্ম বলে, এর মধ্যে 45% সোডিয়াম কার্বনেট থাকে।



চিত্র 3.5 : ঘূর্ণায়মান চুল্লী।

(2) **কৃষ্ণভস্ম থেকে সোডিয়াম কার্বনেট নিষ্কাশন** (**Lixiviation of black ash**) : সারিবদ্ধভাবে রক্ষিত কয়েকটি চৌবাচ্চায় কৃষ্ণভস্ম রেখে প্রতিপ্রবাহ তত্ত্ব (counter current principle) অনুযায়ী জল দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করা হয়, অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইড চৌবাচ্চায় পড়ে থাকে। এই জলীয় নিষ্কাশনে সোডিয়াম কার্বনেট ও

কিছুটা কস্টিক সোডা থাকে। এই দ্রবণে CO_2 প্রবাহিত করে দ্রবণে উপস্থিত সামান্য পরিমাণে কস্টিক সোডাকে কার্বনেটে পরিবর্তিত করা হয় এবং দ্রবণকে গাঢ় করে সোদক সোডিয়াম কার্বনেট কেলাস $Na_2CO_3,10H_2O$ পৃথক করা হয়। এই কেলাসিত সোডিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা অ্যাশ বা সোডাভস্ম প্রস্তুত করা হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট নিষ্কাশনের পর কৃষ্ণভস্মের যে অংশ পড়ে থাকে তাকে ক্ষার অবশেষ (alkali waste) বলা হয়, এটি হল ক্যালসিয়াম সালফাইড, এ থেকে সালফার উদ্ধার করা হয়।

প্রশ্ন ঃ 3.7 লে ব্ল্যাংক পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে কি কি লাগে ?

3.8 সল্ট কেক কি ? সল্ট কেক প্রস্তুতির বিক্রিয়ার (তাপমাত্রা উল্লেখ করে) সমীকরণ লেখ।

3.9 কৃষ্ণভস্ম কি ? কৃষ্ণভস্মে শতকরা কতভাগ Na_2CO_3 থাকে ?

(II) **অ্যামোনিয়া সোডা বা সলভে পদ্ধতি** (**Ammonia-Soda or Solvay-process**) ঃ এই পদ্ধতিতে সহজে এবং সুলভে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায়, বর্তমানে বেশীর ভাগ সোডিয়াম কার্বনেট এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় কাঁচামাল হল (i) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ (ii) অ্যামোনিয়া (iii) চুনাপাথর (iv) কোক।

নীতি (Principle) ঃ অ্যামোনিয়াযুক্ত সম্পৃক্ত লবণ জলের মধ্য দিয়ে বুদ্বুদাকারে অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাইঅক্সাইড প্রবাহিত করলে দ্রবণে অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সম্পদ্রাব্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম বাইকার্বনেট পরিস্রুত করে পৃথক করার পর তাপ প্রয়োগে সোডিয়াম কার্বনেট ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$NH_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons NH_4HCO_3$$
$$NH_4HCO_3 + NaCl \rightleftharpoons NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$$
$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী হওয়ার জন্য সোডিয়াম ক্লোরাইডের দুই-তৃতীয়াংশ সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিবর্তিত হয়।

পরিস্রুতের মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে চুন দিয়ে ফুটিয়ে অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার করে একে পুনরায় লবণ জলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ জল প্রস্তুত করা হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3\uparrow + 2H_2O + CaCl_2$$

একটি চুল্লীতে চুনাপাথর পুড়িয়ে এই চুন প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$$

এই CO_2 এবং $NaHCO_3$ উত্তপ্ত করে যে CO_2 পাওয়া যায় দুটো একসঙ্গে করে অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণ জলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে একে কার্বনেটকরণের (carbonating) জন্য ব্যবহৃত হয়।

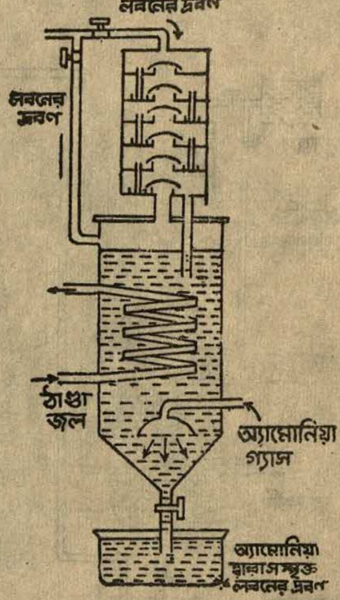
B. পদ্ধতি (Method) ঃ নিম্নলিখিত কয়েকটি ধাপে প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়।

1. **অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতি** (**Preparation of ammonical brine**) ঃ ঢাকনা যুক্ত ছিদ্রপথ ও উল্লম্ব নলযুক্ত কতকগুলি তাকযুক্ত স্তম্ভের উপর থেকে লবণ জল নীচের দিকে পড়তে দেওয়া হয় এবং নীচের দিক থেকে অ্যামোনিয়া প্রবেশ করে উপরের দিকে উঠতে থাকে। এই স্তম্ভকে অ্যামোনিয়া স্তম্ভ বলে। প্রতিটি তাকে খানিকটা করে লবণ জল জমে থাকে এবং বেশীটা উপচে উল্লম্ব নল দিয়ে নীচের তাকে পড়ে এবং এইভাবে এক তাক থেকে অন্য তাকে প্রবাহিত হয়। স্তম্ভের নীচে রক্ষিত জলের মধ্য দিয়ে অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং অতিরিক্ত NH_3 প্রতিটি তাকের মাঝখানের ছিদ্রের ঢাকনার মাধ্যমে নুনজলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। অ্যামোনিয়া শোষণের ফলে লবণ জলের তাপমাত্রা বেড়ে যায়, তাপমাত্রা বেড়ে গেলে

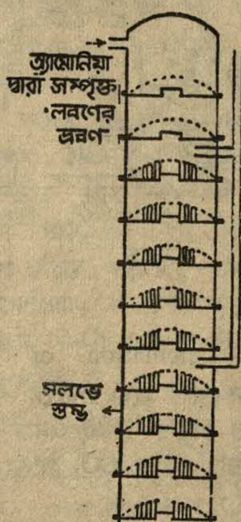
দ্রবণের অ্যামোনিয়া শোষণ ক্ষমতা কমে যায়। দ্রবণকে শীতল করার জন্য দ্রবণের মধ্যে একটি কুণ্ডলী প্রবেশ করিয়ে কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে শীতল জল পাঠিয়ে দ্রবণকে 30°-40°সে তাপমাত্রায় শীতল রাখা হয়। দ্রবণ অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত হয় সেই সঙ্গে লবণ জলে অশুদ্ধি হিসেবে উপস্থিত Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} প্রভৃতি অ্যামোনিয়া গ্যাসে অশুদ্ধি হিসেবে উপস্থিত CO_2-দ্বারা অদ্রাব্য কার্বনেট হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ জলকে স্তম্ভের নীচে একটি চৌবাচ্চায় রেখে অদ্রাব্য লবণগুলি থিতিয়ে নিয়ে পরিষ্কার দ্রবণকে কার্বনীকরণ স্তম্ভে ব সলভে স্তম্ভে পাঠানো হয়।

প্রশ্ন : 3.10 অ্যামোনিয়া শোষিত লবণ জলকে শীতল করা হয় কেন ?

3.11 ব্যবহৃত অ্যামোনিয়া গ্যাসে উপস্থিত CO_2 অশুদ্ধি কি কোন বিঘ্ন সৃষ্টি করে ?



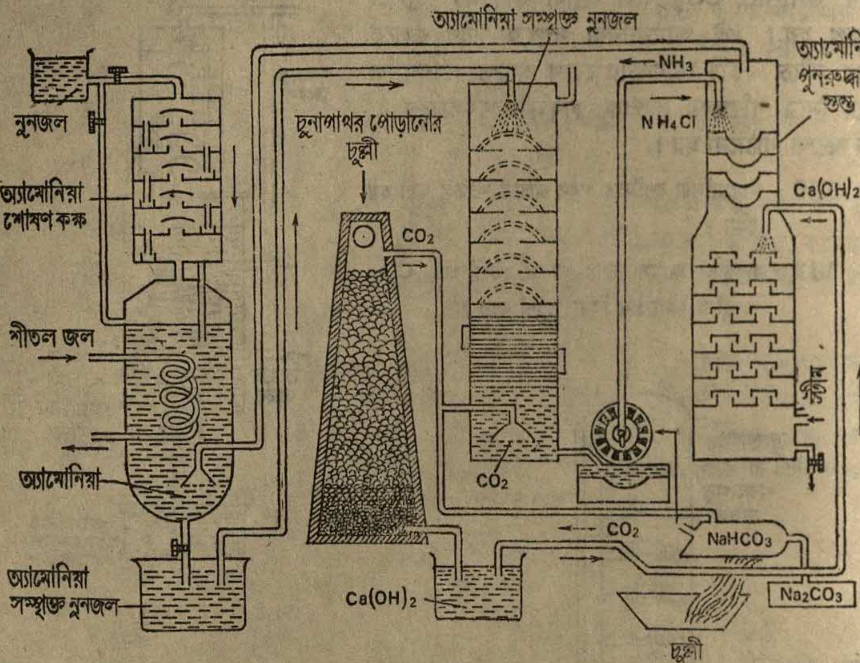
চিত্র 3.6 : অ্যামোনিয়া স্তম্ভ।



চিত্র 3.7 : সলভে স্তম্ভ।

2. অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ জলের সঙ্গে কার্বন ডাইঅক্সাইডের বিক্রিয়া বা কার্বনেটকরণ (carbonation) **:** সলভে স্তম্ভে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ জলকে কার্বনেটকরণ করা হয়। এই স্তম্ভে অনেকগুলি তাক পরপর সাজানো থাকে, প্রতিটি তাকের মধ্যভাগে একটি করে ছিদ্র থাকে এবং ছিদ্রগুলিতে সছিদ্র ঢাকনা দেওয়া থাকে। অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ জল স্তম্ভের উপর থেকে ফেলা হয় এবং স্তম্ভের নিম্নাংশ দ্রবণ দ্বারা ভর্তি করে রাখা হয়। এখন কার্বন ডাইঅক্সাইড চাপের দ্বারা স্তম্ভের তলদেশ হতে প্রবাহিত করা হয়। তাকের ঢাকনা ও ছিদ্র দিয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ পড়তে থাকে এবং নীচ থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড উপরে উঠতে থাকে। কার্বনডাই-অক্সাইড এই বিপরীত দিকে প্রবাহিত অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফলে সল্পদ্রাব্য $NaHCO_3$ এবং NH_4Cl উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াতে তাপ উৎপন্ন হওয়ার জন্য দ্রবণ উত্তপ্ত হয়

এবং খানিকটা বেশী পরিমাণে $NaHCO_3$ দ্রবনীয় হয়। স্তম্ভের নীচের দ্রবণে কুণ্ডলীর মাধ্যমে শীতল জল প্রবাহিত করে দ্রবণকে 30—40°সে. তাপমাত্রায় শীতল করা হয়, ফলে $NaHCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। একে নীচের নির্গম নল দিয়ে বের করে এনে অনুপ্রেষ পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়।



চিত্র 3.8 : সলভে পদ্ধতির সম্পূর্ণ চিত্র।

3. **সোডিয়াম বাইকার্বনেটের বিযোজন** (Calcination of Sodium bicarbonate) : সংগৃহীত সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে ঘূর্ণায়মান চুল্লীর মধ্যে 180°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সোডিয়াম কার্বনেট ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে বিযোজিত করা হয়। এই অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডাভস্ম (Soda ash) বলা হয়। এই প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2 পুনরায় সালভে স্তম্ভে পাঠানো হয়। প্রাপ্ত সোডিয়াম কার্বনেট 99·5% বিশুদ্ধ।

4. **অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধার** (Recovery of ammonia) : সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পরিস্রাবণের পর যে পরিস্রুত পাওয়া যায় তাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সামান্য পরিমাণে $NaHCO_3$, NaCl এবং NH_4HCO_3 থাকে। একটি স্তম্ভের উপর থেকে এই দ্রবণ ধীরে ধীরে ফেলা হয় এবং নীচ থেকে স্টীম চালনা করা হয়। স্তম্ভের মাঝের অংশ থেকে একটি নলের সাহায্যে জলের সঙ্গে কলিচুন মিশিয়ে স্তম্ভের ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। স্টীমের তাপে অ্যামোনিয়াম লবণ কলিচুনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। এই অ্যামোনিয়া পুনরায় সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে পাঠিয়ে দ্রবণকে সম্পৃক্ত করা হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3\uparrow + CaCl_2 + 2H_2O$$

$$NH_4HCO_3 = NH_3\uparrow + CO_2 + H_2O \text{ (স্টীমের উত্তাপে)}$$

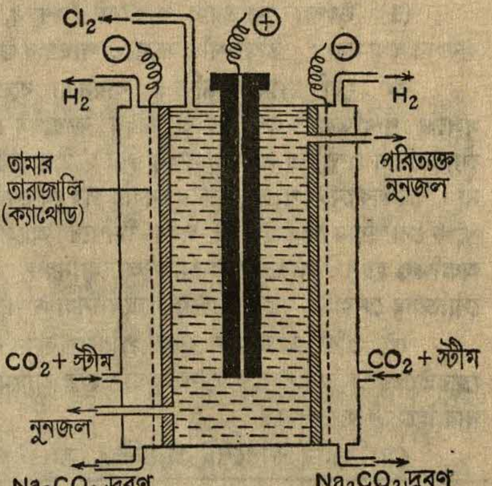
প্রশ্ন : 3.12 কার্বনেটকৃত দ্রবণকে শীতল করা হয় কেন ?

3.13 অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণ জলের কার্বনেটকরণে উৎপন্ন $NaHCO_3$ ও NH_4Cl কিভাবে পৃথক করা হয় ?

3.14 $NaHCO_3$ থেকে কিভাবে সোডা অ্যাশ পাওয়া যায় ?

3.15 সলভে পদ্ধতিতে উৎপন্ন NH_4Cl-কে কি কাজে ব্যবহার করা হয় ?

5. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process) : হারগ্রীভস বার্ড (Hargreavs-Bird) এর মধ্যাবরক কোষ (diaphragm cell) ব্যবহার করে সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায়। সেলটি লোহার তৈরি একটি আয়তাকার পাত্র। সেলটিকে সচ্ছিদ্র অ্যাসবেসটসের দেয়াল দ্বারা তিনটি ভাগে বিভক্ত করা হয়, এই দেওয়ালগুলি মধ্যচ্ছদার কাজ করে। মাঝখানের কক্ষে গ্যাস কার্বনের একটি অ্যানোড ডোবানো থাকে। অ্যাসবেসটস মধ্যচ্ছদা দুটির বাইরের গায়ে তামার তারজালি যুক্ত করা হয়, এরা ক্যাথোডের কাজ করে। অ্যানোড কক্ষের নীচ দিক থেকে অনবরত বিশুদ্ধ লবণজল প্রবেশ করানো হয়, অতিরিক্ত লবণজল অ্যানোড কক্ষের উপর দিয়ে বেরিয়ে যায়। মধ্যচ্ছদার মধ্য দিয়ে লবণজল বেরিয়ে কপার ক্যাথোডগুলি সিক্ত রাখে। ক্যাথোড ও অ্যানোডের মাধ্যমে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠালে Cl^- আয়নগুলি অ্যানোডে ক্ষরিত হয়ে Cl_2 গ্যাসরূপে নির্গত হয়। H^+ আয়নগুলি ক্যাথোডে ক্ষরিত হয়ে H_2 গ্যাসরূপে নির্গত হয়। Na^+ এবং OH^- যুক্ত হয়ে ক্যাথোড কক্ষে NaOH দ্রবণ সঞ্চিত হয়। স্টীম ও CO_2 ক্যাথোড কক্ষে প্রবেশ করিয়ে কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণের প্রতি লিটারে 170 গ্রাম Na_2CO_3 এবং 3·6 গ্রাম NaCl থাকে। দ্রবণ বাষ্পীভূত করে গাঢ় ও শীতল করে সোডিয়াম কার্বনেট কেলাস পৃথক করা হয়।



চিত্র 3.9 : Na_2CO_3 প্রস্তুতির তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি।

প্রশ্ন : 3.16 তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে Na_2CO_3 প্রস্তুতির জন্য যে অ্যানোড ও ক্যাথোড ব্যবহার করা হয় সেগুলি কিসের তৈরি ?

3.17 অ্যানোড ও ক্যাথোডে উৎপন্ন পদার্থের নাম লেখ।

3.18 কোন্ কক্ষে Na_2CO_3 উৎপন্ন হয় ?

সলভে পদ্ধতির সুবিধা (Advantages of Solvay process) :

(1) উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেটের বিশুদ্ধতা বেশী (99·5%)।

(2) এই পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় কাঁচামাল লবণ জল ও চুনাপাথর সহজলভ্য ও সস্তা, এই পদ্ধতিতে H_2SO_4-এর প্রয়োজন হয় না বলে খরচ কম পড়ে।

(3) এই পদ্ধতিতে ক্ষতিকারক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় না বলে পদ্ধতিটি পরিচ্ছন্ন ভাবে অনবরত চালিয়ে যাওয়া যায়।

(4) এই পদ্ধতিতে জ্বালানী খরচ কম, কারণ গাঢ় করতে হবে এমন কোন দ্রবণ এখানে উৎপন্ন হয় না। লে ব্ল্যাংক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ গাঢ় করার জন্য অনেক জ্বালানীর প্রয়োজন হয়।

(5) এই পদ্ধতির উৎপাদন ক্ষমতা বেশী এবং অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড পুনরুদ্ধার করে পুনঃ পুনঃ ব্যবহার করা যায়। উপজাত রূপে উৎপন্ন সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ওষুধ রূপে, বেকারীতে বেকিং পাউডার রূপে ব্যবহৃত হতে পারে।

● **পদ্ধতিটির অসুবিধা** (Disadvantages of the process) :

(1) লবণ থেকে আগত ক্লোরিন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে যার কোন বাণিজ্যিক চাহিদা নেই, সুতরাং উপজাত ক্লোরিন পাওয়া যায় না।

(2) অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধারের উপর এই পদ্ধতির সফলতা নির্ভর করে।

● **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির সুবিধা** (advantages of electrolytic process) :

(1) উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেট বিশুদ্ধ, উপজাত ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহার করা যায়। তড়িৎ-শক্তি সুলভে পাওয়ার উপর এই পদ্ধতির সাফল্য নির্ভর করে।

● **লেঁ ব্ল্যাঙ্ক পদ্ধতি :** ব্যয়সাধ্য বলে বর্তমানে পরিত্যক্ত। বর্তমানে হোউ (Hou), **সলভে পদ্ধতির** যথেষ্ট উন্নতি সাধন করেছেন। সলভে পদ্ধতির সঙ্গে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির সংযোগ-সাধন করা হয়েছে, ফলে অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধার করার প্রয়োজন হয় না। বাইকার্বনেট পরিস্রুত করে নেবার পর যে শেষ দ্রবণ (mother liquor) পড়ে থাকে তার মধ্যে শুষ্ক সোডিয়াম ক্লোরাইড বা লবণ মিশিয়ে আলোড়িত করা হয়, ফলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রাবণের দ্বারা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড পৃথক করে নেওয়া হয়, পরিস্রুতের মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড থাকে, এটিকে অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত করে কার্বনীকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

এই প্রক্রিয়ায় অনেক বেশী পরিমাণ লবণ বা 96% লবণ সোডায় পরিণত হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের ক্লোরিন সম্পূর্ণরূপে ব্যবহৃত হয়ে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়, এই NH_4Cl ভাল সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির তিনটি পদ্ধতির তুলনা :

লেঁ ব্ল্যাংক পদ্ধতি	সলভে পদ্ধতি	তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি
1. সালফিউরিক অ্যাসিড ও জ্বালানির দাম বেশী হওয়ার জন্য উৎপাদন ব্যয় বেশী।	1. কাঁচামাল লবণ ও চুনা-পাথর সস্তা বলে সোডা উৎপাদন ব্যয় কম, জ্বালানির বিশেষ প্রয়োজন নেই।	1. বিদ্যুতের দাম বেশী হলে উৎপাদন ব্যয় বেশী হয়।
2. কৃষ্ণভস্মের অদ্রবণীয় অংশ হতে সালফার নিষ্কাশিত করা হয়।	2. উপজাত NH_3 ও CO_2 বারংবার ব্যবহার করা হয়।	2. বিশেষ বিশুদ্ধ সোডা প্রস্তুত করা যায়।
3. সল্টকেক কাচ শিল্পে ব্যবহৃত হয়।	3. এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত সোডা 99·5% বিশুদ্ধ। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত Na_2CO_3 ঔষধ রূপে ও অন্যান্য শিল্পে ব্যবহৃত হয়।	3. উপজাত রূপে প্রাপ্ত Cl_2 ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতিতে এবং হাইড্রোজেন HCl প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
4. ব্যয়সাধ্য পদ্ধতি	4. এই পদ্ধতির উৎপাদন ক্ষমতা বেশী।	4. পদ্ধতির সাফল্য বৈদ্যুতিক শক্তির উপর নির্ভরশীল।
5. প্রাপ্ত Na_2CO_3 বিশুদ্ধ হয়।	5. ক্লোরিন অব্যবহৃত থেকে নষ্ট হয়।	
6. ক্ষতিকারক HCl উপজাত রূপে উৎপন্ন হয়।	6. বেশী NaCl ব্যবহৃত হয়, NH_3 সংরক্ষণের বিশেষ ব্যবস্থা করতে হয়। NH_3 সম্পৃক্ত নুন জল দুর্গন্ধ যুক্ত।	
	7. উপজাত $CaCl_2$-এর চাহিদা নেই।	

প্রশ্ন : 3.19 সলভে পদ্ধতিতে উৎপন্ন Na_2CO_3-এর বিশুদ্ধতা কত শতাংশ ?

3.20 সলভে পদ্ধতির সফলতা কিসের উপর নির্ভরশীল ?

3.21 বর্তমানে লে' ব্ল্যাংক পদ্ধতি অবলুপ্ত হওয়ার কারণ কি ?

3.22 কে এবং কিভাবে সলভে পদ্ধতির উন্নতি সাধন করেন ?

3.3 সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$)

প্রস্তুতি (Preparation) :

সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির সময় অন্তর্বর্তী যৌগ রূপে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পাওয়া যায়, এই অন্তর্বর্তী অশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট থেকে বাণিজ্যিক সোডিয়াম বাই-কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। সলভে স্তম্ভের মধ্যে অ্যামোনিয়া যুক্ত লবণ জলের মধ্য দিয়ে 30—40°সে. তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহের ফলে অশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$$

$$NH_4HCO_3 + NaCl = NaHCO_3 \downarrow + NH_4Cl$$

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষেপ রূপে স্তম্ভের নীচে সঞ্চিত হয় এবং ইহা স্তম্ভ থেকে বের করে এনে অনুপ্রেষ পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়। এই অশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট শীতল জল দিয়ে ধৌত করে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দূরীভূত করা হয়। এই ধৌত সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে গরম জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণকে স্টীম কুন্ডলী দ্বারা উত্তপ্ত করে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া দূরীভূত করা হয়। দ্রবণের মধ্যে পুনরায় কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করে প্রায় বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পরিস্রাবণের দ্বারা পৃথক করে বায়ুতে শুষ্ক করা হয়।

ব্যবহার (Uses) : (i) ওষুধ প্রস্তুতিতে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

(ii) বেকিং পাউডার ($NaHCO_3$ এবং পটাসিয়াম হাইড্রোজেন টারটারেটের মিশ্রণ) প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

(iii) বিভিন্ন প্রকার বাতান্বিত পানীয় প্রস্তুতিতে

(iv) অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : 3.23 সলভে স্তম্ভ থেকে প্রাপ্ত অশুদ্ধ $NaHCO_3$ থেকে বিশুদ্ধ $NaHCO_3$ পাবার জন্য অশুদ্ধ $NaHCO_3$-কে দ্রবীভূত করে উত্তপ্ত করা হয় কেন ?

3.4 চুন বা ক্যালসিয়াম অক্সাইড (Quick lime, CaO)

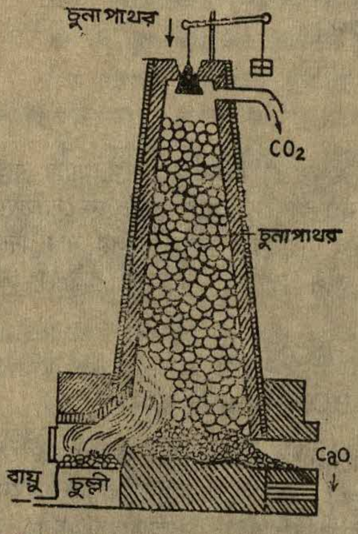
প্রস্তুতি (Preparation) :

A. নীতি : শিল্প পদ্ধতিতে চুনাপাথরকে (lime stone) উচ্চ তাপমাত্রায় (900°সে. থেকে 1000°সে. তাপমাত্রার মধ্যে) উত্তাপে বিয়োজিত করে চুন বা ক্যালসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় :

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 - 42{\cdot}500 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী, এইজন্য বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণরূপে সম্পন্ন করার জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সংস্পর্শ থেকে সরিয়ে ফেলা উচিত। যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী সেজন্য লা-শ্যাটেলীর ((Lechattelier's principle) নীতি অনুযায়ী উচ্চ

তাপমাত্রা বিক্রিয়ার-গতি ত্বরান্বিত করে, কিন্তু বাস্তবে চুল্লীর তাপমাত্রা 900°সে. থেকে 1000°সে. এর মধ্যে রাখা হয় কারণ 1000°সে. এর বেশী তাপমাত্রায় উৎপন্ন চুন চুনাপাথরে উপস্থিত অশুদ্ধি যেমন সিলিকা, অ্যালুমিনা প্রভৃতির সঙ্গে বিক্রিয়া করে ধাতুমল উৎপন্ন করে চুনের উপরের স্তরে জমে যায়। এই স্তর চুনের কলিকরণে (Slaking of lime) বিঘ্ন সৃষ্টি করে।



চিত্র 3.10 : চুন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত চুনাভাটি।

B. **পদ্ধতি :** আধুনিক অবিরাম পদ্ধতিতে (continuous process) ইটের তৈরি উল্লম্ব বড় বড় চুনভাটির (lime kiln) মাথায় অবস্থিত চুনাপাথরের প্রবেশ পথে হপারের সাহায্যে চুনাপাথরের টুকরা চুল্লীর মধ্যে ফেলা হয়। চুল্লীর নীচের অংশে বাতাস প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা থাকে। চুল্লীর নীচের অংশে কয়লা জ্বালিয়ে চুল্লীতে তাপ প্রয়োগ করা হয়। অনেক সময় ভাটির পাশে কয়লা জ্বালিয়ে প্রডিউসার গ্যাস প্রস্তুত, করে সেই প্রডিউসার গ্যাস ভাটির ভিতর জ্বালিয়ে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীর উপর থেকে অনবরত চুনাপাথর প্রবেশ করানো হয় এবং চুল্লীর ভিতর তাপমাত্রা 900°সে.—1000°সে. এর মধ্যে রাখা হয়। এই তাপমাত্রায় চুনাপাথর CaO এবং CO_2-তে বিয়োজিত হয়। উৎপন্ন চুন দিয়ে ভাটির নীচের অংশে জমা হয় এবং নির্গম দ্বার দিয়ে চুন বের করে নেওয়া হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড অন্যান্য উদ্বায়ী গ্যাস সহ ভাটির উপরের দিকে একটি নির্গম-নল দিয়ে বেরিয়ে যায়। এই উপজাত কার্বন ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ করে অন্যান্য শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

ব্যবহার (Uses) : (i) পোড়া চুন কলিচুন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
(ii) কস্টিক সোডা, ব্লিচিং পাউডারের পণ্য উৎপাদনে।
(iii) জলের খরতা দূরীকরণে, পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে, চর্ম শিল্পে।
(iv) ধাতু নিষ্কাশনে বিগালক হিসেবে এবং চুল্লীর ভিতরের গায়ে ক্ষারকীয় আস্তরণ দিতে।
(v) সলভে পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া পুনরুদ্ধারে।
(vi) অ্যামোনিয়া ও অ্যালকোহল শুষ্ককরণে।
(vii) ক্যালসিয়াম কারবাইড উৎপাদনে চুন ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : 3.24 প্রস্তুতির সময় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড চুনের সংস্পর্শ থেকে সঙ্গে সঙ্গে সরিয়ে ফেলা হয় কেন?

3.25 $CaCO_3$ থেকে চুন উৎপাদনে অধিক তাপ কি ক্ষতি করে?

3.5 কলিচুন বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Ca(OH)_2$

প্রস্তুতি (Preparation) :

A. **নীতি (Principle) :** শিল্প পদ্ধতিতে কলিচুন প্রস্তুতি দুটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়।

(1) প্রথমে চুনাপাথর উত্তপ্ত করে চুন প্রস্তুত করা হয়।

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 - 42.5 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

(2) চুনের উপর পরিমিত পরিমাণে জল ছিটিয়ে কলিচুন প্রস্তুত করা হয়।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + 15.5 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

B. পদ্ধতি (Procedure) ঃ চুন ভাটিতে প্রস্তুত চুনের খন্ডসমূহ ইটের তৈরী বড় বড় চৌবাচ্চাতে নিয়ে তার উপর অল্প পরিমাণে জল ছিটিয়ে দেওয়া হয়। চুনের সঙ্গে জলের তীব্র বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়, হিস হিস শব্দ করে চুন জল শোষণ করে এবং জল ফুটতে থাকে, কিছুটা জল বাষ্পীভূত হয়ে যায়। এর ফলে চুন ফেঁপে ওঠে এবং সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়, এটি কলিচুন। এই পদ্ধতিকে চুনের কলিকরণ বলে।

ব্যবহার (Uses) ঃ (i) ব্লিচিং পাউডার, কস্টিক সোডা, কাচ, সিমেন্ট প্রস্তুতিতে। (ii) জলের অস্থায়ী ক্ষরতা দূরীকরণে ও বাড়ী রং করতে। (iii) চর্মশিল্পে, কোল গ্যাস বিশোধনে। (iv) জমির সার, বীজ নাশকরূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ 3.26 চুন ও কলিচুনের আণবিক সংকেত লেখ।

3.27 চুন থেকে কলিচুন প্রস্তুতির পদ্ধতিকে কি বলা হয়? পদ্ধতিটি তাপদায়ী না তাপ শোষক?

3.6 ব্লিচিং পাউডার (Bleaching powder) Ca(OCl)Cl

ব্লিচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপো ক্লোরাইট। এটি প্রধানত দুটি পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

(1) লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি, (2) হেজেনক্লেভার পদ্ধতি।

1. লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Lead Chamber process)

A. নীতি (Principle) ঃ শুষ্ক কলিচুনের সঙ্গে 40°সে. তাপমাত্রায় বিশুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত হয়। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ক্লোরিন তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন করা হয়, এই ক্লোরিন কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং জলীয় বাষ্প মুক্ত হওয়া প্রয়োজন।

$$Ca\,OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

B. পদ্ধতি (Procedure) ঃ সীসা-নির্মিত কয়েকটি প্রকোষ্ঠে সিমেন্টের মেঝের উপর বিশুষ্ক (আর্দ্রতা 4% এর কম) কলিচুন 3—4 ইঞ্চি পুরু করে ছড়িয়ে রাখা হয়। প্রতিটি প্রকোষ্ঠের মধ্যে চিরুনীর ন্যায় আলোড়ক যুক্ত থাকে। সরু নলের সাহায্যে প্রকোষ্ঠগুলিতে ক্লোরিন চালনা করা হয় এবং মাঝে মাঝে আলোড়কের সাহায্যে কলিচুন আলোড়িত করা হয়। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠের মেঝেতে যুক্ত শীতক কুন্ডলীর সাহায্যে বিক্রিয়াকালে প্রকোষ্ঠের ভিতরের তাপমাত্রা 30—40°সে. এর মধ্যে রাখা হয়। বিক্রিয়ার প্রারম্ভে ক্লোরিন শোষণ যেন দ্রুত হয়, কিন্তু সময় বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে ক্লোরিন শোষণ মন্থর হয়। ক্লোরিন শোষণ সম্পূর্ণ হওয়ার জন্য কলিচুনকে ক্লোরিনের মধ্যে এইভাবে 20—30 ঘন্টা রেখে দেওয়া হয়। শেষে উদ্বৃত্ত ক্লোরিন শোষিত করার জন্য কিছু পরিমাণ কলিচুন প্রকোষ্ঠের মধ্যে ছড়িয়ে দেওয়া হয় এবং প্রকোষ্ঠে বায়ু প্রবেশ করানো হয়। প্রকোষ্ঠের সঙ্গে যুক্ত নির্গম নল দিয়ে ব্লিচিং পাউডার বের করে নিয়ে ড্রামের মধ্যে রাখা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত ব্লিচিং পাউডারে কিছু পরিমাণ অবিক্রিত কলিচুন থাকে।

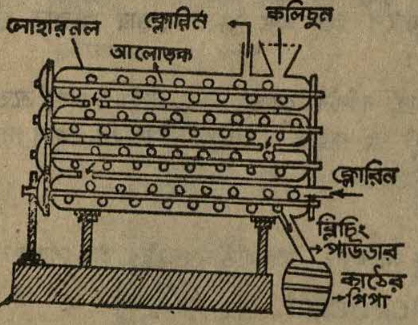
2. হেজেনক্লেভার পদ্ধতি (Hasenclever process)

A. নীতি ঃ ইহা ব্লিচিং পাউডার উৎপাদনের আধুনিক অবিরাম পদ্ধতি (continuous process)। কলিচুন এবং লঘু ও শুষ্ক ক্লোরিনের প্রতিকূল প্রবাহে 35—40°সে. তাপমাত্রায় বিক্রিয়া সংঘটিত করা হয়।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightleftharpoons Ca(OCl\,Cl + H_2O$$

B. পদ্ধতি ঃ ঢালাই লোহার তৈরি কতকগুলি চোঙ অনুভূমিক ভাবে একটির উপর অপরটি এইভাবে রাখা হয়। প্রতিটি চোঙ সংযোগ নলের সাহায্যে একটির সঙ্গে অপরটি যুক্ত থাকে। প্রতি চোঙের ভিতরে স্ক্রুর ন্যায় আলোড়ক যুক্ত থাকে, এই আলোড়কগুলি ধীরে ধীরে ঘোরানো হয়। একটি আলোড়ক যে দিকে সরে তার পরেরটি আগেরটির বিপরীত দিকে সরে।

শুষ্ক কলিচুন উপরের চোঙের প্রবেশ দ্বার দিয়ে প্রবেশ করানো হয় এবং আলোড়কগুলি ধীরে ধীরে ঘুরিয়ে কলিচুন চোঙের একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে নিয়ে যাওয়া হয় এবং সংযোগ নলের মধ্য দিয়ে অন্য চোঙে প্রবেশ করে। এইরূপে কলিচুন বেশ কয়েকটি চোঙে প্রবেশ করলে সর্বনিম্নের চোঙে যুক্ত ক্লোরিন প্রবেশ পথ দিয়ে ক্লোরিন প্রবাহিত করা হয়। কলিচুন ও ক্লোরিনের বিপরীতমুখী প্রবাহে কলিচুন ক্লোরিন শোষণ করে। কলিচুন ক্লোরিন শোষণ করে সর্বনিম্ন চোঙে পৌঁছালে উহাকে নির্গম নল দিয়ে বের করে এনে কাঠের ড্রামে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 3.11 : ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতির হেজেনক্লেভার পদ্ধতি।

প্রশ্ন : 3.28 ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত কলিচুন শুষ্ক হওয়া দরকার কেন?

3.29 ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত Cl_2 গ্যাস, CO_2 এবং HCl মুক্ত হওয়া প্রয়োজন কেন?

ব্যবহার (Uses) : (i) জীবাণু নাশকরূপে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। (ii) কাগজের মণ্ড, সুতীবস্ত্র প্রভৃতি বিরঞ্জিত করতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (iii) পানীয় জল, পয়ঃপ্রণালী জীবাণুমুক্ত করতে। (iv) ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতে ব্লিচিং পাউডার ব্যবহৃত হয়।

[**ব্লিচিং পাউডার দ্বারা বিরঞ্জনের পদ্ধতি :** সুতি বস্ত্রকে বিরঞ্জিত করতে হলে এগুলিকে প্রথমে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের সাহায্যে ফুটিয়ে পরে জলে ধুয়ে তেল ও চর্বি জাতীয় ময়লা থেকে মুক্ত করা হয়। এখন এই ধৌত দ্রব্যকে ব্লিচিং পাউডারের শীতল ও লঘু জলীয় দ্রবণে ডুবিয়ে তুলে নেবার পর লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে ডোবানো হয়, ফলে ক্লোরিন মুক্ত হয়, এই ক্লোরিন জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে, এই জায়মান অক্সিজেন তুলোজাত দ্রব্যকে জারণ প্রক্রিয়ার দ্বারা বিরঞ্জিত করে।

$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + H_2O + Cl_2 \; ; \; Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$$

এর পর বিরঞ্জিত দ্রব্যটিকে প্রথমে কাপড় কাচা সোডা দ্রবণ ও পরে সোডিয়াম বাইসালফাইট বা সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণে ধৌত করে বিরঞ্জিত পদার্থে লেগে থাকা অ্যাসিড ও ক্লোরিন মুক্ত করা হয়। পরিশেষে বিরঞ্জিত দ্রব্যটিকে জলে ধুয়ে শুকিয়ে নেওয়া হয়।

লভ্য ক্লোরিন (Available chlorine) : লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে ব্লিচিং পাউডারের বিক্রিয়ায় ক্লোরিন মুক্ত হয়, ব্লিচিং পাউডার থেকে প্রাপ্ত এই ক্লোরিনকে **লভ্য ক্লোরিন** (available chlorine) বলা হয়। এই লভ্য ক্লোরিনের পরিমাণের উপরই ব্লিচিং পাউডারের জারণ তথা বিরঞ্জন ধর্ম নির্ভর করে। লভ্য ক্লোরিনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে ব্লিচিং পাউডারের মান নির্ধারণ করা হয়, 100 ভাগ ওজনের ব্লিচিং পাউডার লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে যত ভাগ ওজনের ক্লোরিন মুক্ত করে সেটিই ঐ নমুনার ব্লিচিং পাউডারের প্রাপ্য ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ।

বাণিজ্যিক ব্লিচিং পাউডারে সাধারণত বিরঞ্জনের জন্য 35—40% লভ্য ক্লোরিন মেলে।]

3.7 প্লাস্টার অফ্ প্যারিস (Plaster of Paris) $2CaSO_4, H_2O$.

প্রস্তুতি (Preparation) : খনিজ জিপসামকে ($CaSO_4.2H_2O$) সতর্কতার সঙ্গে 110°—120° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে আংশিক নিরুদিত করে প্লাস্টার অফ্ প্যারিস প্রস্তুত করা হয়।

$$2(CaSO_4.2H_2O) = 2CaSO_4.H_2O + 3H_2O\uparrow$$

জিপসামকে যান্ত্রিক আলোড়কযুক্ত ইস্পাতনির্মিত বড় বড় পাত্রে উত্তপ্ত করে আংশিক নিরুদন কার্য সমাধা করা হয়। ঘূর্ণায়মান চুল্লীতেও আংশিক নিরুদন সমাধা করা হয়।

এই পদ্ধতিতে দুটি বিষয়ে সতর্কতা অবলম্বন করা হয় ঃ

(1) জিপসাম যাতে 120°সে.-এর বেশী উত্তপ্ত না হয় সেদিকে বিশেষ লক্ষ্য রাখা হয়, কারণ 120° সে.-এর বেশী তাপমাত্রায় জিপসাম দগ্ধ হয়ে সম্পূর্ণরূপে নিরুদিত হয়ে $CaSO_4$-এ পরিণত হয়, ফলে এটি তখন আর জলের সঙ্গে মেশালে শক্ত হয়ে জমাট বাঁধবে না।

(2) জিপসামকে কখনই জ্বালানি কার্বনের বা অন্য কোন বিজারক দ্রব্যের সংস্পর্শে আসতে দেওয়া উচিত নয়, কারণ $CaSO_4$ জ্বালানির কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে ক্যালসিয়াম সালফাইড উৎপন্ন করে।

$$CaSO_4 + 4C = CaS + 4CO$$

প্লাস্টার অব প্যারিসের মুখ্য ধর্ম হল সাধারণ তাপমাত্রায় ইহা জলের সঙ্গে লেই তৈরি করে রেখে দিলে অল্প সময়ের মধ্যে জমাট বেঁধে শক্ত হয়ে যায়। প্লাস্টার অব্ প্যারিসের জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় শক্ত হয়ে যাওয়ার কারণ হল প্লাস্টার অফ্ প্যারিস পুনরায় এক অণু জল নিয়ে শক্ত জিপসামে পরিণত হয় ঃ

$$\underset{\text{(প্লাস্টার অফ্ প্যারিস)}}{2CaSO_4.H_2O} + 3H_2O = \underset{\text{(জিপসাম)}}{2(CaSO_4, 2H_2O)}$$

ব্যবহার (Uses) ঃ (i) ঢালাইয়ের কাজে, ব্যান্ডেজে। (ii) মূর্তি তৈরিতে, ভাস্কর্যে এবং বাসনপত্র তৈরির জন্য ছাঁচ নির্মাণে। (iii) দাগী আসামীর পদচিহ্ন ধরে রাখার জন্য। (iv) সিমেন্ট হিসেবে এবং দেওয়ালে প্রলেপ দেওয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ 3.30 প্লাস্টার অফ প্যারিস প্রস্তুতির জন্য তাপমাত্রা 120°C-এর মধ্যে নিয়ন্ত্রিত করা হয় কেন ?

3.31 প্লাস্টার অফ প্যারিস প্রস্তুতির সময় বিজারক দ্রব্যের উপস্থিতি কি ক্ষতি করে ?

3.8 ফটকিরি বা সাধারণ অ্যালাম (Common alum)

সূচনা (Introduction) ঃ

পটাসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্বিলবণ (K_2SO_4, $Al_2(SO_4)$, $24H_2O$) সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি নামে পরিচিত। সম আণবিক পরিমাণের পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম পটাসিয়াম সালফেটের উষ্ণ মিশ্র দ্রবণকে শীতল করে ফটকিরির বর্ণহীন অষ্টতলকীয় কেলাস (octahedral crystal) পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) ঃ বাণিজ্যিক অ্যালাম নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

বক্সাইট আকরিক থেকে ঃ বক্সাইটকে চূর্ণ করে সীসার আস্তরণযুক্ত লোহার চৌবাচ্চায় নেওয়া হয় এবং 62% সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে চৌবাচ্চার নীচে যুক্ত স্টীম কুণ্ডলী দ্বারা এই মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়। বক্সাইটে উপস্থিত ফেরিক অক্সাইড ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়। এই ফেরিক সালফেটকে ফেরাস সালফেটে বিজারিত করার জন্য দ্রবণের সঙ্গে বেরিয়াম সালফাইড মেশানো হয়। অদ্রাব্য $BaSO_4$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে। দ্রবণকে পরিস্রুত করে নিয়ে দ্রবণের সঙ্গে সঠিক পরিমাণে পটাসিয়াম সালফেট যোগ করা হয়। এই মিশ্রিত দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে গাঢ় করা হয়। এই গাঢ় দ্রবণকে শীতল করে ফটকিরির কেলাস দ্রবণ থেকে পৃথক করা হয়। পরিস্রাবণের দ্বারা কেলাস সংগ্রহ করে একে পুনঃ-কেলাসিত করে আয়রনমুক্ত বিশুদ্ধ ফটকিরি বা অ্যালাম পাওয়া যায় ঃ

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

$$K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O = K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$$

II. অ্যালুনাইট খনিজ K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $4Al(OH)_3$ থেকে :

খনিজ অ্যালুনাইট প্রথমে ভস্মীভূত করে, ভস্মীভূত পদার্থটিকে সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করে অ্যালুমিনাকে অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয়। এই দ্রবণকে পরিস্রুত করে শীতল করার পর এর সঙ্গে সঠিক পরিমাণে পটাসিয়াম সালফেট যোগ করে দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে গাঢ় করা হয়। এই গাঢ় দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করে ফটকিরির কেলাস দ্রবণ থেকে পৃথক করা হয়।

প্রশ্ন : 3.32 ফটকিরি প্রস্তুতির জন্য কি কাঁচা মাল ব্যবহৃত হয় ?

3.33 অবিশুদ্ধ ফেরিক সালফেটকে কিভাবে বিজারিত করা হয় ?

ব্যবহার (Uses) : (i) জল পরিষ্কার করার জন্য এবং ফেনাসহ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্নের অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়। (ii) রঞ্জন শিল্পে রং-স্থাপকরূপে। (iii) কাগজ ও চর্ম শিল্পে এর ব্যবহার আছে। (iv) জীবাণুনাশক ও সামান্য কাটার রক্ত বন্ধ করার জন্য ফটকিরি ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী

1. ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুতির নীতি আলোচনা কর। এই পদ্ধতিকে ক্ষারীকরণ পদ্ধতি বলা হয় কেন ? সোডিয়াম ক্লোরাইড বা লবণ জল ব্যবহার করে কিভাবে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন করা যায়, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।
2. সলভে পদ্ধতিতে সোডা অ্যাশ উৎপাদনের নীতিটি বর্ণনা কর ও বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও। (H.S. '82)
3. সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতি বর্ণনা কর এবং সমীকরণসহ বিক্রিয়াগুলির উল্লেখ কর। সোডা অ্যাশ কি ? সোডিয়াম কার্বনেটের কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।
4. ব্লিচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম ও সংকেত লেখ। ব্লিচিং পাউডারের পণ্য উৎপাদনের যে কোন একটি বর্ণনা কর। ব্লিচিং পাউডারের ব্যবহার লেখ। কিসের উপর ব্লিচিং পাউডারের মান নির্ভর করে ?
5. প্লাস্টার অফ প্যারিসের সংকেত লেখ। এর শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর ও এর ব্যবহার লেখ। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্লাস্টার অফ প্যারিস শক্ত হয় কেন ?
6. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে কিভাবে প্রস্তুত করবে ? প্রতিটি ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ :

   (i) কস্টিক সোডা, (ii) সোডিয়াম বাইকার্বনেট, (iii) সোডিয়াম সালফেট, (iv) ক্লোরিন, (v) HCl.
7. চুন ও কলিচুন কি ? চুনাপাথর থেকে এদের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এদের ব্যবহার বর্ণনা কর।
8. (i) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণোদকে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলে কি ঘটে, সমীকরণ সহ বিবৃত কর। (H.S. '78)

   (ii) সম্পৃক্ত লবণ জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে কি হয় ?
9. নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত হয় ?

   (i) (a) ব্লিচিং পাউডার, (b) প্লাস্টার অফ প্যারিস, (c) হীরক। (H.S. '78)

   (ii) (a) সোডিয়াম কার্বনেট, (b) কুইকলাইম এবং কলিচুন, (c) তুঁতে। (H.S. '78)

   (iii) (a) অনার্দ্র $AlCl_3$, (b) বিরঞ্জক চুন, (c) প্যারিস প্লাস্টার, (d) কস্টিক সোডা। (H.S. '80)

   (iv) কুইকলাইম, (b) ব্লিচিং পাউডার, (c) কস্টিক সোডা। (H.S. '82)

অধ্যায়ের অন্তর্গত প্রশ্নসমূহের উত্তর

I. সাধারণ রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

1·1 হেনরি বেকারেল, মাদাম কুরী।

1·2 হ্যাঁ, কারণ তেজস্ক্রিয়তা দু ধরনের হতে পারে—প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা এবং কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা। প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এমন তেজস্ক্রিয় মৌলসমূহের স্বতঃস্ফূর্ত তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত করাই হল প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা।

1·3 হ্যাঁ, প্রতিপ্রভ পদার্থ সূর্যালোক বা ক্যাথোডরশ্মি এসব দ্বারা উত্তেজিত হবার পরই কেবল প্রতিপ্রভা বিকিরণ করতে পারে, তেজস্ক্রিয় পদার্থ সর্ব অবস্থাতেই স্বতঃস্ফূর্তভাবে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত করতে পারে, এ জন্য তেজস্ক্রিয় পদার্থকে সূর্যালোক বা ক্যাথোডরশ্মি দ্বারা উত্তেজিত হবার প্রয়োজন হয় না।

1·4 পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেট।

1·5 রেডিয়াম এবং পোলোনিয়াম।

1·6 পৃঃ 1, নীচের দিক থেকে পঞ্চম থেকে অষ্টম লাইন দ্রষ্টব্য।

1·7 এই সিদ্ধান্তেই এলেন যে পিচব্লেন্ডেতে ইউরেনিয়াম ছাড়াও আরও এক বা একাধিক তেজস্ক্রিয় মৌল বর্তমান যার বা যাদের তেজস্ক্রিয়তা ইউরেনিয়ামের থেকে অনেক বেশী।

1·8 (i) মিথ্যা (ii) সত্য (iii) সত্য (iv) মিথ্যা (v) সত্য।

1·9 প্রথম দুটি যৌগের তেজস্ক্রিয়তার জন্য দায়ী হল ইউরেনিয়াম—জিঙ্ক, পটাসিয়াম বা সালফেট নয়।

1·10 কারণ, অন্ধকারেও পটাসিয়াম ইউরেনিল সালফেট থেকে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গত হতে থাকে এবং ঐ রশ্মি ফটোগ্রাফিক প্লেটকে কালো করতে পারে।

1·11 এর কারণ হল—একটি রশ্মি চার্জবিহীন হওয়ায় বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে যাবার কালে কোনদিকে বিচ্যুত হয় না। অপর দুটি রশ্মি বিপরীত চার্জবাহী (অর্থাৎ, একটি পরা এবং অপরটি অপরাচার্জবাহী) হওয়ায় ঐরূপ ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে যাবার কালে পরস্পর বিপরীত দিকে বেঁকে যায়।

1·12 (i) না (ii) আলফা রশ্মি ও বিটা রশ্মি (iii) প্রথম রশ্মি তুলনামূলকভাবে ভারী। পরাচার্জবাহী α-কণা সমন্বয়ে গঠিত। ঐ কণাগুলির ভরবেগ সুউচ্চ হওয়ায় তাদের গতিপথ থেকে খুব বেশী বিচ্যুত হয় না, দ্বিতীয় রশ্মি হাল্‌কা অপরাচার্জবাহী বিটা-কণা সমবায়ে গঠিত। যে কণাগুলির ভরবেগ উচ্চ নয়। কাজেই পরা মেরু দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ঐ মেরুর দিকে এই রশ্মি অনেকখানিই বেঁকে যায়।

1·13 (i) সম্পূর্ণ তেজস্ক্রিয় রশ্মি তিন ধরনের রশ্মি সমবায়ে গঠিত। (ii) একটি রশ্মি পরাচার্জবাহী (এবং ভারী কণা সমবায়ে গঠিত) অপর রশ্মিটি অপরা চার্জবাহী (এবং হাল্‌কা কণা সমবায়ে গঠিত) এবং তৃতীয় রশ্মিটি চার্জবিহীন।

1·14 কণা ধর্ম থাকলে পদার্থের ভর থাকবে। গামা রশ্মির কোন ভর নেই। কাজেই গামা রশ্মি কোন কণা সমবায়ে গঠিত নয়। অপরপক্ষে α রশ্মি এবং β রশ্মি কণা সমবায়ে গঠিত। কারণ এদের মধ্যে ভর যুক্ত α-কণা এবং β-কণার উপস্থিতির প্রমাণ মেলে (পৃ. 8)।

1·15 (i) হ্যাঁ, α কণা দুই একক পরাচার্জবাহী কণা, হিলিয়াম পরমাণু চার্জবিহীন, দুটির ভর যদিও প্রায় একই। (ii) হ্যাঁ, β কণা নির্গত হয় পরমাণু-কেন্দ্রীন থেকে, কিন্তু সাধারণ ইলেকট্রন পরমাণুর কেন্দ্র-বহিস্থ অংশ থেকে নির্গত হয়। β কণার গতিবেগ সাধারণ ইলেকট্রনের গতিবেগ অপেক্ষা উচ্চতর। (iii) হ্যাঁ, γ-রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য X-রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের থেকে কম (পৃঃ 7)। অর্থাৎ, γ রশ্মি অধিকতর শক্তি সম্পন্ন।

1·16 (i) γ রশ্মির (ii) α কণার (iii) α কণার-দুটি ক্ষেত্রেই (iv) α কণার (পৃঃ 8)।

1·17 কারণ, ঐ সকল খনিজে এক বা একাধিক এমন তেজস্ক্রিয় মৌল বর্তমান যেটি বা যারা

α-কণা নির্গমনকারী। নির্গত α-কণা পারিপার্শ্বিক থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে হিলিয়াম পরমাণু (বা অণু)তে পরিণত হয় ($He^{2+}+2e \rightarrow He$)।

1·19 না, কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু থেকে প্রথমে হয় একটি α-কণা নয়তো একটি β-কণা নির্গত হয়। এর পরই পরমাণু-কেন্দ্রীনটি সুস্থিত হবার প্রয়াসে শক্তিরূপে γ-রশ্মি নির্গত করে।

1·20 (i) না, পাঃ ওজন মোটামুটিভাবে 4 একক কমে যাবে।
(ii) না। পঃ ক্রমাঙ্ক 2 একক কমে যাবে।

1·21 কারণ, β-কণা নির্গত হয় পরমাণু-কেন্দ্রীন থেকে—একটি নিউট্রন একটি প্রোটনে পরিবর্তিত হওয়াতেই একটি β-কণা নির্গত হয়ঃ $n \rightarrow p+e$, কেন্দ্রীনে একটি প্রোটন বৃদ্ধি পাওয়ায় পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এক বেড়ে যায়, অর্থাৎ নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়। কিন্তু, সাধারণ ইলেকট্রন নির্গত হয় পরমাণুর কেন্দ্র-বহিস্থ অংশ থেকে—এতে পরমাণুটি পরাচার্জযুক্ত আয়নে পরিণত হয় মাত্র। পরমাণু-কেন্দ্রীন অপরিবর্তিতই থাকে, পরমাণুক্রমাঙ্কের কোন পরিবর্তন হয় না, কাজেই নতুন মৌল সৃষ্টির প্রশ্নই ওঠে না।

1·22 পরমাণু-কেন্দ্রীন থেকে।

1·23 পরমাণু-কেন্দ্রীনে নিউট্রন সংখ্যা এবং প্রোটন সংখ্যার অনুপাত যদি 1 থেকে খুব বেশী হয়ে যায় (সাধারণত 1·5 বা তার বেশী) তাহলে নিউট্রন প্রোটনে পরিবর্তিত হয় এবং এই পরিবর্তন কালে ইলেকট্রন বিটা কণা রূপে নির্গত হয়ঃ $n \rightarrow p+e$.

1·24 (i) $x-2$, $y-2$ (কারণ একটি α-কণা 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন সমবায়ে গঠিত)।
(ii) $x+1$, $y-1$ (কারণ β-কণা নির্গত হয় একটি নিউট্রন একটি প্রোটনে পরিবর্তিত হবার ফলেঃ $n \rightarrow p+e$। কাজেই β-কণা নির্গত হলে কেন্দ্রীনে একটি p বেড়ে যাবে, একটি n কমে যাবে)।
(iii) x, y (γ-রশ্মি নির্গত হওয়ার অর্থ খানিকটা শক্তি নির্গত হওয়া মাত্র। প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যা অপরিবর্তিতই থাকবে)।

1·25 α-কণা নির্গত হলে পরমাণু কেন্দ্রীনে 2টি প্রোটন এবং 2টি নিউট্রন কমে যায়। উৎপন্ন নমুনায় কেন্দ্রবহিস্থ অংশে ইলেকট্রন সংখ্যা কেন্দ্রীনের প্রোটন সংখ্যা থেকে 2টি বেশী হয়ে যায়। নমুনাটি সংগে সংগেই এই 2টি ইলেকট্রন পারিপার্শ্বিককে ত্যাগ করে, ফলে উৎপন্ন মৌলটি তড়িৎ-নিরপেক্ষরূপেই থাকতে পারে।

β-কণা নির্গত হলে পরমাণু-কেন্দ্রীনে একটি প্রোটন বেড়ে যায়। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীনস্থ প্রোটন সংখ্যার চেয়ে কেন্দ্রবহিস্থ ইলেকট্রন সংখ্যার একটি কম হয়, উৎপন্ন নমুনাটি তৎক্ষণাৎ পারিপার্শ্বিক থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে—যার ফলে উৎপন্ন পরমাণুতে কেন্দ্রবহিস্থ ইলেকট্রনসংখ্যা এবং কেন্দ্রীনস্থ প্রোটনসংখ্যা একই হয়ে যায়।

1·26 না। দুটিই তেজস্ক্রিয়।

1·27 না, তেজস্ক্রিয়তা অপরিবর্তিতই থাকে।

1·28 পৃঃ 10-11।

1·29 x গ্রাম রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ $\frac{x}{2}$ গ্রাম রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণের দ্বিগুণ। এর থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে মৌলের তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ মৌলের পরিমাণ বা এর পরমাণু-সংখ্যার সমানুপাতিক (মৌলের পরমাণু-সংখ্যা এর পরিমাণের সমানুপাতিক)।

1·30 হ্যাঁ, প্রশ্ন 1·23 এর উত্তর এবং পৃঃ 41-42 দ্রষ্টব্য।

1.31 $\frac{n}{p} \approx 1$ **হলে পরমাণু-কেন্দ্রীন সুস্থিত হয়।**

1·32 তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে একটি মৌল হয় একটি α-কণা, নয়তো বা একটি β-কণা নির্গত করে নতুন মৌলে পরিবর্তিত হয়। নতুন মৌলটি তেজস্ক্রিয় হলে সেটিও একটি α-কণা বা একটি β-কণা নির্গত করে নতুন একটি মৌল উৎপন্ন করে, এইভাবেই পরিবর্তন চলতে থাকে এবং শেষ পর্যন্ত একটি অ-তেজস্ক্রিয় মৌল উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়াটি একমুখী,

অর্থাৎ তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে উৎপন্ন কোন মৌলের পক্ষেই α বা β-কণা নির্গত করে কখনোই জন্মদাত্রী মৌলে পুনরায় পরিবর্তিত হওয়া সম্ভব নয়।

1·33 এর অর্থ হল নির্দিষ্ট কোন সময়ে রেডিয়ামের পরিমাণ যদি x গ্রাম হয় তবে ঐ সময় থেকে 1620 বছর পরে রেডিয়ামের পরিমাণ ঠিক অর্দ্ধেক, অর্থাৎ $\frac{x}{2}$ গ্রাম, হয়ে যাবে।

1.34 ইউরেনিয়ামের অর্ধ-আয়ুষ্কাল = $\frac{0 \cdot 693}{1 \cdot 52 \times 10^{-10}}$ বছর বা, $4 \cdot 56 \times 10^{9}$ বছর।

1·35 প্রতি সেকেণ্ডে $3 \cdot 7 \times 10^{4}$ সংখ্যক α-কণা নির্গত হলে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ হয় 1 মাইক্রো কুরী।

প্রতি সেকেণ্ডে $7 \cdot 4 \times 10^{3}$ সংখ্যক α-কণা নির্গত হলে তেজস্ক্রিয়তার পরিমাণ=

$$= \frac{7 \cdot 4 \times 10^{3}}{3 \cdot 7 \times 10^{4}} \text{ মাইক্রোকুরী বা } 0 \cdot 2 \text{ মাইক্রোকুরী।}$$

1.36 ^{235}U, ^{238}U, ^{233}U, ^{239}Pu, ^{232}Th (U=ইউরেনিয়াম, Pu=প্লুটোনিয়াম, Th=থোরিয়াম)। ^{235}U, ^{233}U এবং ^{239}Pu-এর বিভাজনের জন্য প্রয়োজন ধীরগতির নিউট্রন ; ^{238}U এবং ^{238}Th-এর বিভাজনের জন্য তীব্রগতিসম্পন্ন নিউট্রনের প্রয়োজন।

1·37 নির্গত হয়। বিভাজনের ফলে উৎপন্ন জাতক পদার্থসমূহের মোট ভর বিক্রিয়কগুলির মোট ভর থেকে কম হয়—এই ভর-পার্থক্য বা ভর-ত্রুটি শক্তিতে পরিবর্তিত হয় [আইনস্টাইনের ফর্মুলা $E=mc^2$ (E=শক্তি, m=ভর, c=আলোর গতিবেগ) অনুযায়ী] এই শক্তিই নির্গত হয়।

1·38 ^{235}U.

1·39 নিউক্লীয় বিভাজন।

1·40 (a) হ্যাঁ, পৃঃ 17 দ্রষ্টব্য। (b) এখনও পর্যন্ত এ বিষয়ে সাফল্য লাভ করা যায় নি, পৃঃ 18 দ্রষ্টব্য।

1·41 নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া (পৃঃ 18)।

1·42 নিউক্লীয় সংযোজন বিক্রিয়া, 4টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সংযোজনে একটি হিলিয়াম পরমাণু গঠিত হবার দরুন প্রভূত শক্তি নির্গত হয়। সূর্য এবং নক্ষত্ররাজির শক্তির সম্ভাব্য উৎস এটিই।

1·43 নিউক্লীয় সংযোজনে (পৃঃ 18)।

1·44 পৃঃ 23 এর সারণী দ্রষ্টব্য।

1·45 পৃঃ 21, লাইন 5-8, পৃঃ 22, লাইন 11-14.

1·46 পরমাণু যে সব কণা সমবায়ে গঠিত, তাদেরই পরমাণুতর কণা বলা হয়। ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন, পজিট্রন, মেসন।

1·47 বৈদ্যুতিক এবং চৌম্বক ক্ষেত্রে ক্যাথোড-রশ্মি (যা ইলেকট্রন সমবায়ে গঠিত) এবং প্রোটন সমন্বিত পরা-রশ্মির বিচ্যুতির দিক লক্ষ্য করে এটি বোঝা যায়। এই দুপ্রকার রশ্মি বিপরীত দিকে বিচ্যুত হয়—ক্যাথোড-রশ্মি যে দিকে বিচ্যুত হয় তা থেকে ধারণা করা যায় যে ইলেকট্রন কণাগুলি অপরাচার্জবাহী। অপরপক্ষে পজিটিভ রশ্মির বিচ্যুতির দিক লক্ষ্য করে বলা যায় প্রোটন কণাগুলি পরাচার্জবাহী।

1·48 (i) এর কারণ হল পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা। তার ফলে অধিকাংশ α-কণা বাধা না পেয়ে সোজা বেরিয়ে যেতে পারে।

(ii) কয়েকটি α-কণা পরমাণুর কেন্দ্রবহিস্থ অংশে বর্তমান ইলেকট্রন দ্বারা সামান্য বিচ্যুত হতে পারে মাত্র—কারণ, α-কণাগুলি ভারী এবং উচ্চ গতিসম্পন্ন হওয়ায় ভরবেগও উচ্চ, কাজেই হালকা ইলেকট্রনের পক্ষে ভারী α-কণাকে তার গতিপথ থেকে খুব বেশী পরিমাণে বিচ্যুত করা সম্ভব নয়।

(iii) পরমাণু-কেন্দ্রীনে পরমাণুর প্রায় সমগ্র ভর কেন্দ্রীভূত থাকে এবং কেন্দ্রীন পরা-

চার্জবাহী—এর ফলে দু-একটি α-কণা কেন্দ্রীনের কাছে এলেই ভারী এবং পরা-চার্জবাহী কেন্দ্রীন দ্বারা প্রত্যাঘাত পেয়ে 90° বা তার চেয়ে বেশী কোণে বিচ্যুত হয়।

1·49 পরমাণুতে মূলত দুটি অংশ—কেন্দ্রীন অংশ এবং কেন্দ্রবহিস্থ অংশ। কেন্দ্রীন অংশে থাকে নিউট্রন ও প্রোটন এবং কেন্দ্রবহিস্থ অংশে নির্দিষ্ট কিছু কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনসমূহ থাকে।

1·50 যথাক্রমে—স্থির তাড়িতিক আকর্ষণী শক্তি এবং সূর্যের মাধ্যাকর্ষণ শক্তি।

1·51 ইলেকট্রনগুলি তীব্রগতিতে তাদের কক্ষপথে ঘুরবার ফলে যে বহিঃকেন্দ্রীয় বল উৎপন্ন হয় সেটি কেন্দ্রীন এবং ইলেকট্রনগুলির মধ্যেকার স্থির তাড়িতিক আকর্ষণী শক্তির সমান হওয়াতেই অপরা চার্জবাহী ইলেকট্রনগুলি পরাচার্জবাহী কেন্দ্রীনে পতিত হয় না।

1·52 পরমাণুর ব্যাসার্ধ 10^{-8} সেমি. এর মত এবং কেন্দ্রীনের ব্যাসার্ধ 10^{-13} থেকে 10^{-12} সেমি.-এর মত। এর থেকে এই ধারণা হয় যে কেন্দ্রীনের আকার সমগ্র পরমাণুর আকারের তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র। (পরমাণুর আয়তন কেন্দ্রীনের আয়তন অপেক্ষা চার হাজার কোটি গুণেরও বেশী)।

1·53 পৃঃ 26, লাইন 8—14 এবং 16—18 দ্রষ্টব্য।

1·54 পৃঃ 26, লাইন শেষ দিক থেকে 7—1, পৃঃ 27 লাইন 1—6 দ্রষ্টব্য।

1·55 (i) যখন ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তির কক্ষপথ থেকে নিম্নতর শক্তির কক্ষপথে পতিত হয় তখন।

(ii) ইলেকট্রন নিম্নতর শক্তির কক্ষপথ থেকে উচ্চতর শক্তির কক্ষপথে উন্নীত হলে।

1·56 প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান থেকে ইলেকট্রনীয় কক্ষপথের শক্তি এবং আকার সম্পর্কে ধারণা মেলে (n-এর মান কম হলে নিম্নতর শক্তির স্তর এবং কম ব্যাসার্ধের কক্ষপথ বোঝাবে, অপরপক্ষে এই মান বেশী হলে উচ্চতর শক্তির স্তর এবং দীর্ঘতর ব্যাসার্ধের কক্ষপথ বোঝাবে)।

(i) যার n-এর মান 1 সেইটি (ii) যার n-এর মান 4 সেই কক্ষটির।

1·57 (a) সত্য (b) মিথ্যা (পৃঃ 28 দ্রষ্টব্য)।

1·58 পৃঃ 28, লাইন 17-31 দ্রষ্টব্য।

1·59 না, থেমে থাকে না, তবে স্থির অবস্থার কক্ষপথে থাকাকালীন ইলেকট্রনের শক্তির কোন পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ ইলেকট্রন শক্তি নির্গতও করে না, শোষণও করে না।

1·60 (i) না (ii) কৌণিক ভরবেগ $= \frac{nh}{2\pi}$, প্রথম ক্ষেত্রে এই ভরবেগ $= \frac{h}{2\pi}$, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $\frac{2h}{2\pi}$ বা $\frac{h}{\pi}$ ($h=6.626\times10^{-27}$ আর্গ-সেকেন্ড, $\pi=3.14$)

(iii) না, 2নং কক্ষ এবং 1নং কক্ষের শক্তি পার্থক্যের সমান শক্তি শোষণ করেই কেবল ইলেকট্রনটির এই উত্তরণ ঘটতে পারে।

(iv) না, উচ্চতর শক্তির কক্ষপথ এবং নিম্নতর শক্তির কক্ষপথের যে শক্তি পার্থক্য সেই পরিমাণ শক্তি নির্গত করেই কেবলমাত্র ইলেকট্রনটি নিম্নতর শক্তির কক্ষপথে নেমে আসতে পারে।

[দেখানো যায় যে কোন ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তির কক্ষপথ, যার প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান n_2 এবং শক্তি E_2, থেকে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা n_1 এবং শক্তি E_1 বিশিষ্ট কক্ষপথে অবতরণ করলে শক্তি পার্থক্য

$$E_2-E_1 = 4E = \frac{2\pi^2 z^2 e^4 m}{h^2}\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right),$$ z=পরমাণু-ক্রমাঙ্ক, o=ইলেকট্রনীয় আধান, m=ইলেকট্রনের ভর]

1·61 (i) এর অর্থ হলঃ সোডিয়াম পরমাণুর কেন্দ্রীনে 11টি প্রোটন আছে, কেন্দ্রবহিস্থ অংশে 11টি ইলেকট্রন আছে।

(ii) অক্সিজেনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 8।

(iii) ঐ মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 17।

(iv) নিউট্রন-সংখ্যার উপর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক নির্ভরশীল নয়।

(v) না, কারণ নিউট্রন-সংখ্যার উপর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক নির্ভর করে না, নির্ভর করে প্রোটন-সংখ্যার উপর। কার্বনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অবশ্য $6\frac{1}{2}$ বটে, তবে তার কারণ হল কার্বন পরমাণুতে 6টি প্রোটন (এবং 6টি ইলেকট্রন) আছে তাই।

(vi) না, এর পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 1 কারণ এতে 1টি প্রোটন বর্তমান।

(vii) (a) মিথ্যা, ঐ পরমাণুর ভর-সংখ্যাও জানা থাকা দরকার।

(b) মিথ্যা, উঃ উপরের অনুরূপ।

(c) সত্য, প্রোটন-সংখ্যা=ইলেকট্রন-সংখ্যা।

(d) মিথ্যা, ভর-সংখ্যাও জানা থাকতে হবে।

(e) মিথ্যা, উত্তর উপরের অনুরূপ।

(f) মিথ্যা, প্রোটন বা ইলেকট্রন সংখ্যা জানা থাকলে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক জানা যায় একথা অবশ্য সত্য, কিন্তু নিউট্রন সংখ্যা জানা থাকলে পরমাণু ক্রমাঙ্ক জানা যায় না। কারণ পরমাণু-ক্রমাঙ্ক নিউট্রন সংখ্যার সঙ্গে সম্পর্কিত নয়।

1·62 পৃঃ 30, লাইন 21-26 দ্রষ্টব্য।

1·63 (i) ঠিক।

(ii) ভুল, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং নিউট্রন সংখ্যা সম্পর্কিত নয়।

(iii) ভুল, পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিভিন্ন হলে মৌলও বিভিন্ন হবে।

(iv) ভুল, 1 ভর-সংখ্যার হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং ভর-সংখ্যা উভয়েরই মান 1। (আর কোন ক্ষেত্রেই অবশ্য পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এবং ভর-সংখ্যা একই হতে পারে না)।

(v) ভুল, মৌলের কয়েকটি ভৌত ধর্ম ভর-সংখ্যার উপর নির্ভরশীল হতে পারে। রাসায়নিক ধর্মাবলী অবশ্য মূলত পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর নির্ভরশীল।

1·64 না। 1টি s, 3টি p, 5টি d এবং 7টি f অরবাইটাল থাকে। 5s, 5p, 5d এবং 5f এইভাবে।

1·64a (ক) 3d (খ) 4p (গ) 4f (ঘ) 4f (ঙ) 5p (চ) 4d.

1·65 4s, 3d, 4p, 4d, 5p, 6s, 4f.

1·66 17, প্রোটন সংখ্যা 17, ইলেকট্রন সংখ্যা 17 এবং নিউট্রন সংখ্যা 18 (কারণ, নিউট্রন সংখ্যা= ভর-সংখ্যা — পরমাণু-ক্রমাঙ্ক)।

1·67 (b) এর মতোই হবে, কারণ 4s-এর শক্তি 3d-এর শক্তি থেকে নিম্নতর। কাজেই ইলেকট্রন 3d স্তরে প্রবেশ করবার আগে 4s স্তরেই যাবে।

1·68 30টি প্রোটন এবং (65 — 30) বা 35টি নিউট্রন থাকে।

1,69 (a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$, (b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$, (c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, (d) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$

যথাক্রমে, 2টি, 1টি, 1টি এবং 7টি।

1·70 12টি প্রোটন, 12টি ইলেকট্রন এবং (24–12)টি বা 12টি নিউট্রন।

1·71 (a) 16 (b) (16+16) বা 32 (c) (16×1,00728+I6×I,00867 + 16×0,000548) পা· ভ· এ· বা 32·265 পা. ভ. এ.।

1·72 আইসোটোপগুলির ক্ষেত্রে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক একই, কিন্তু ভরসংখ্যা বিভিন্ন। অর্থাৎ, পরমাণুগুলিতে প্রোটনসংখ্যা বা ইলেকট্রনসংখ্যা একই, কিন্তু নিউট্রনসংখ্যা বিভিন্ন।

আইসোবারগুলির ক্ষেত্রে ভর-সংখ্যা একই, কিন্তু পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিভিন্ন। অর্থাৎ, পরমাণুগুলিতে প্রোটন-সংখ্যা বিভিন্ন (ইলেকট্রন-সংখ্যাও বিভিন্ন) কিন্তু প্রোটন এবং নিউট্রনের মিলিত সংখ্যা একই। আইসোটোপগুলির রাসায়নিক ধর্ম অনুরূপ কিন্তু আইসোবারগুলির রাসায়নিক ধর্ম অনুরূপ নয়।

1·73 (i) (35–17)টি বা 18টি নিউট্রন এবং 17টি প্রোটন,
(80–35)টি বা 45টি নিউট্রন এবং 35টি প্রোটন।
কেন্দ্রবহিস্থ অংশে যথাক্রমে 17টি এবং 35টি ইলেকট্রন আছে।
(ii) ভর-সংখ্যা যথাক্রমে 35 এবং 80,
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 17 এবং 35.

1·74 এই চিহ্ন থেকে জানা যেতে পারে
(i) এই S-এর ভর-সংখ্যা 32 এবং পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 16।
(ii) এই পরমাণুর কেন্দ্রীনে 16টি প্রোটন এবং (32 – 16) টি বা 16টি নিউট্রন আছে।
(iii) পরমাণুর কেন্দ্রবহিঃস্থ অংশে 16টি ইলেকট্রন আছে।

1·75 (2 ÷ 1.00867+2×1.00728+2×0.000548) পা. ভ. এ.=4.0330 পা. ভ. এ.। নির্ণীত পাঃ ওজন 4,0026 পা. ভ. এ. থেকে বেশী। সম্ভাব্য কারণ হল ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন মিলিত হয়ে হিলিয়াম পরমাণু সংশ্লেষণ কালে কিছু ভর (4.0330–4.0026= 0.0304 পা. ভ. এ.) শক্তিতে পরিণত হয়।

1·76 নির্ণেয় পাঃ ওজন$=\dfrac{31.972\times95.06+32.972\times0{,}74+33.969\times4.20}{100}$

$=32.07$

দ্বিতীয় অধ্যায়

2·1 হ্যাঁ, প্রয়োজন ছিল। কারণ, তা না হলে বিশাল সংখ্যক মৌলের পৃথক পৃথক ধর্ম পৃথক-ভাবে মনে রাখবার প্রয়োজন হত। পর্যায় সারণীতে যেহেতু একই গ্রুপভুক্ত মৌলগুলির ধর্মগত মিল যথেষ্ট বা ধর্মের পরিবর্তন একটি মৌল থেকে অন্য মৌলতে হলেও নির্দিষ্ট একটি ক্রম অনুসারেই হয়ে থাকে, কাজেই অনেক কম মেহনতেই বহুসংখ্যক মৌলের বেশ-কিছু ধর্ম সম্পর্কেই অন্ততপক্ষে কিছুটা ধারণা পর্যায় সারণীতে মৌলগুলির বিন্যাস-ভঙ্গী থেকে করা যায়।

2·2 স্বীকৃত মৌল-সংখ্যা 103, তবে আরও তিনটি মৌলও আবিষ্কৃত হয়েছে।

2·3 (a) Ca, Mg, Be (b) Si, Ge, Sn (c) P, As, Sb (মাঝের মৌলটির পাঃ ওজন মোটামুটিভাবে অপর মৌলদুটির পাঃ ওজনের গড় হতে হবে)।

2·4 1829 সালে ডবারাইনারের ত্রয়ীসূত্র দেওয়া থেকে।

2·5 নিউল্যাণ্ডের অকটেভ-সূত্র। পৃঃ 53 দ্রষ্টব্য।

2·6 এর অর্থ হল—ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলগুলিকে পর পর সাজালে একটি মৌলের ধর্ম অপর মৌলের ধর্ম থেকে পৃথক হবে। কিন্তু নির্দিষ্ট একটি পর্যায়ের পরে অনুরূপ ধর্ম পুনরায় দৃষ্ট হবে।

2·7 যে সারণীতে মৌলসমূহকে তাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন বা পরমাণুক্রমাঙ্ক অনুযায়ী পর পর এমনভাবে বিন্যস্ত করা হয় যাতে অনুরূপ ধর্মসম্পন্ন মৌলগুলিকে একত্রে গ্রুপভুক্ত করবার কোন ব্যবস্থা থাকে। তাকেই মৌলসমূহের পর্যায় সারণী বলা যায়। হ্যাঁ, কারণ মৌলসমূহের অজস্র পর্যায় সারণী বর্তমান।

2·8 সাধারণত পর্যায় সারণীগুলিকে কয়েকটি অনুভূমিক সারি এবং কয়েকটি উল্লম্ব কলমে বিভক্ত করা হয় এবং মৌলসমূহকে প্রতিটি সারণীতে ক্রমবর্ধমান পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী এমনভাবে সাজানো হয় যাতে অনুরূপধর্ম সম্পন্ন মৌলগুলি একই উল্লম্ব কলমে থাকে। অনুভূমিক সারিগুলিকে পর্যায় এবং উল্লম্ব কলমগুলিকে গ্রুপ বলা হয়।

মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর (হ্রস্ব পর্যায় সারণীর) আধুনিক ভাষ্যরূপে রয়েছে 7টি পর্যায় এবং 9টি গ্রুপ (গ্রুপ 0 এবং গ্রুপ I—VIII)।

2·9 মেণ্ডেলিফ তাঁর পর্যায় সারণী প্রথম প্রকাশ করেন 1869 সালে। কিন্তু 1871 সালে তিনি তাঁর সারণীটি পরিবর্তিত আকারে প্রকাশ করেন। তখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত মৌলের সংখ্যা মাত্র 63টি। এই সারণী প্রকাশ কালে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলসমূহ আবিষ্কৃত হয় নি।

2·10 "মেণ্ডেলিফ কথিত" সন্ধিগত মৌল হল তাঁর সারণীর গ্রুপ VIII ভুক্ত ত্রয়ীমৌলগুলি, অর্থাৎ, Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd ; Os, Sr, Pt.

2·11 (i) প্রথম পর্যায়কে (ii) দ্বিতীয় এবং তৃতীয় পর্যায়কে (iii) চতুর্থ এবং পঞ্চম পর্যায়কে (iv) ষষ্ঠ এবং অসম্পূর্ণ সপ্তম পর্যায়কে।
প্রথম পর্যায়ে—2টি মৌল—হাইড্রোজেন এবং হিলিয়াম।
দ্বিতীয় পর্যায়ে—8টি মৌল—১ম লিথিয়াম, শেষ নিয়ন।
তৃতীয় পর্যায়ে—8টি মৌল—১ম সোডিয়াম, শেষ আরগন।
চতুর্থ পর্যায়ে—18টি—১ম পটাসিয়াম, শেষ ক্রিপটন।
পঞ্চম পর্যায়ে—18টি—১ম রুবিডিয়াম, শেষ জেনন।
ষষ্ঠ পর্যায়ে—32টি—১ম সিজিয়াম, শেষ র‍্যাডন।
সপ্তম পর্যায়ে—17টি—১ম ফ্রান্সিয়াম, অসম্পূর্ণ।

2·12 যথাক্রমে ক্ষারীয় ধাতু এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল
(অসম্পূর্ণ সপ্তম পর্যায়টি বাদে অন্য পর্যায়গুলির ক্ষেত্রে)

2·13 পৃঃ 55, শেষের 5টি লাইন দ্রষ্টব্য।

2·14 না, কারণ নিউল্যান্ড যখন তাঁর অকটেভ সূত্র দেন তখন পর্যন্ত নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয় নি। কাজেই প্রথম দিকের মৌলগুলির ক্ষেত্রে প্রতি অষ্টম মৌলে প্রথম মৌলের অনুরূপ ধর্ম লক্ষিত হওয়াই স্বাভাবিক। মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণী প্রস্তুতি-কালেও অবশ্য নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলি আবিষ্কৃত হয়নি। তবে তাঁর সারণীর আধুনিক ভাষ্যরূপে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌলগুলিকেও একটি অতিরিক্ত গ্রুপে (গ্রুপ 0) সংযোজিত করা হয়েছে। কাজেই প্রথম দিকের মৌলগুলির ক্ষেত্রে (অর্থাৎ, হ্রস্ব পর্যায়ভুক্ত মৌলগুলির ক্ষেত্রে) প্রতি নবম মৌলে প্রথম মৌলের ধর্মের পুনরাবৃত্তি লক্ষিত হয়।

2·15 মৌলসমূহের সেইসব ধর্ম যেগুলি পর্যায় সারণীর একই পর্যায়ের বা একই গ্রুপের বিভিন্ন মৌলের ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট ক্রম অনুসারে পরিবর্তিত হয় তাদের পর্যায়গত ধর্ম বলা হয়ে থাকে।

2·16 তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্ম, যোজ্যতা, পরমাণুর আকার, পারমাণবিক আয়তন, ঘনত্ব, গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক, তড়িৎ-ঋণাত্মকতা, আয়রন বিভব, ইলেকট্রন আসক্তি ইত্যাদি সকল ধর্মই মৌলসমূহের পর্যায়গত ধর্ম।
তেজস্ক্রিয়তা, অনুপ্রভা, প্রতিপ্রভা—এইসব পর্যায়গত ধর্ম নয়।

2·17 ধাতব ধর্ম বেশী Na এর, অধাতব ধর্ম বেশী Cl এর।

2·18 (a) Kএর (b) Vএর (c) Crএর (একই পর্যায়ের একই গ্রুপভুক্ত A সাবগ্রুপের মৌল B সাবগ্রুপের মৌল অপেক্ষা অধিকতর পরাতাড়িতিক ধর্মসম্পন্ন হয়ে থাকে)।

2·19 Te এর। (গ্রুপের উপর থেকে নীচের দিকে ধাতব ধর্মিতা বাড়ে)।

2·20 হ্যাঁ, পাঁচ (বা তিন (8 – 5)। P_2O_5, PCl_5, P_2O_3, PCl_3.

2·21 হ্যাঁ, (8 – 7) বা 1। HF, F_2O.

2·22 (i) Li_2O, BeO, B_2O_3, CO_2, N_2O, F_2O→ক্ষারকীয়তা ক্রমান্বয়ে কমে আসে ডান-দিকে। Li_2Oএর ক্ষারকীয়তা সবচেয়ে বেশী, F_2Oএর অম্লধর্মিতা সবচেয়ে বেশী।
(ii) K_2O, Na_2O, MgO, CuO—ক্ষারকীয়তা এই ক্রম অনুসারে হ্রাস পায়। K_2Oএর ক্ষারকীয়তা সবচেয়ে বেশী। CuOএর সবচেয়ে কম।
(মৌলের পরাতাড়িতিক ধর্ম কমে এলে অক্সাইডের ক্ষারকীয়তা কমে আসে)

2·23 (a) Liএর আকার বৃহত্তম, Fএর ক্ষুদ্রতম।
(b) Teএর বৃহত্তম, Oএর ক্ষুদ্রতম।
(c) Iএর বৃহত্তম, Fএর ক্ষুদ্রতম।

2·24 রৈখিক চিত্রের শীর্ষবিন্দুগুলিতে। এই সিদ্ধান্তেই আসা যায় যে এই ধাতুগুলির পারমাণবিক আয়তন খুব বেশী। তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলগুলি রৈখিকচিত্রের আরোহী অংশে এবং পরা-তাড়িতিক মৌলগুলি অবরোহী অংশে অবস্থান করে।

2·25 (i) উচ্চতম Cএর, নিম্নতম Liএর।
(ii) উচ্চতম Siএর, নিম্নতম Naএর। (পৃঃ 62)

2·26 ইলেকট্রন ভোল্ট (ev) এককে বা কিলোক্যালরি/মোল এককে।

2·27 না, এর অর্থ হল মৌলের এক একক পরাচার্জবাহী গঠনে বেশী শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন।

2·28 (i) Fএর (ii) যথাক্রমে Arএর এবং Naএর।

2·29 Mgএর ক্ষেত্রে বহিস্তম কক্ষীয় ইলেকট্রন হল তৃতীয় কক্ষীয় একটি s—ইলেকট্রন, Alএর ক্ষেত্রে এই ইলেকট্রন হল তৃতীয় কক্ষেরই একটি p—ইলেকট্রন। এখন, যেহেতু একই কক্ষীয় একটি s ইলেকট্রনকে বহিষ্কার করা একটি p ইলেকট্রনকে বহিষ্কার করা থেকে অধিকতর কষ্টসাধ্য, কাজেই Mg-এর আয়নীকরণ বিভবের মান তুলনামূলকভাবে উচ্চতর।

2·30 প্রথম মৌলটির, কারণ আগের প্রশ্নের উত্তরের অনুরূপ।

2·31 Clএর। Fএর। পৃঃ 66-67.

2·32 হ্যাঁ, যায়। মৌল থেকে গঠিত এক একক অপরাচার্জবাহী আয়নের আয়নীকরণ বিভবের মান এবং মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান একই যদিও দুটি ক্ষেত্রে মান দুটি বিপরীত চিহ্নবাহী (− এবং +)।

2·33 (i) ইলেকট্রন আসক্তি (ii) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (iii) ইলেকট্রন আসক্তির (iv) তড়িৎ-ঋণাত্মকতার।

2·34 প্রথম অক্সিজেন পরমাণু প্রথম ইলেকট্রনটি সহজেই গ্রহণ করে, প্রক্রিয়ায় শক্তি নির্গত হয়। কাজেই প্রথম ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক। কিন্তু, দ্বিতীয় ইলেকট্রনটি এক একক অপরাচার্জবাহী O^- আয়নে যুক্ত হয়, O^- এর উপরের অপরাচার্জ, অপরাচার্জবাহী ইলেকট্রনকে বিকর্ষণ করে এবং শক্তি প্রয়োগ করেই কেবল দ্বিতীয় ইলেকট্রনটি O^- আয়নে সংযুক্ত করা সম্ভব, অর্থাৎ, Oএর দ্বিতীয় ইলেকট্রন আসক্তির মান নেগেটিভ।

2·35 পৃঃ 61, শেষ থেকে 12-8 লাইন দ্রষ্টব্য।

2·36 যথাক্রমে এক-বোরন এবং স্ক্যাণ্ডিয়াম, এক-অ্যালুমিনিয়াম এবং গ্যালিয়াম, এক-সিলিকন এবং জারমেনিয়াম।

2·37 বেরিলিয়াম, সিজিয়াম, ইউরেনিয়াম (পৃঃ 69)।

2·38 দ্বিতীয় পন্থা। প্রশ্ন 2·1 এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

2·39 পৃঃ 71, লাইন 19-21 দ্রষ্টব্য। (প্রতি ক্ষেত্রে দ্বিতীয় মৌলটির পাঃ ওজন কম হওয়া সত্ত্বেও প্রথম মৌলটির পরে সারণীতে বসানো হয়েছে।)

2·40 "মৌলসমূহের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মাবলী তাদের **পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপর** পর্যাবৃত্ত-ভাবে নির্ভরশীল" (পারমাণবিক ওজনের উপর নয়)

2·41 পৃঃ 72, লাইন 18-20, পৃঃ 77, শেষের 3টি লাইন। পৃঃ 78, লাইন 4-6।

2·42 পৃঃ 78, লাইন 12-16 19-25।

2·43 পৃঃ 34-35, পৃঃ 72, লাইন 15-17।

2·44 ল্যান্থানাম (পঃ ক্রমাঙ্ক 57) থেকে লিউটেসিয়াম (পঃ ক্রমাঙ্ক 71) পর্যন্ত 15টি মৌলকে (পৃঃ 56, সারণী 2·2 দ্রষ্টব্য) বিরলমৃত্তিক মৌল বলে। হ্যাঁ, পৃঃ 72, লাইন 8-14 দ্রষ্টব্য।

2·45 Cu^+ এবং Hg^{2+} এর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস একইরূপ, যথা [Ar] $3d^{10}4s^0$ এবং [Xe] $5d^{10}\,6s^0$ সুতরাং, +1 জারণ অবস্থার কপার এবং +2 জারণ অবস্থার মারকারির মধ্যে ধর্মগত মিল লক্ষিত হতেই পারে।

2·46 হ্রস্ব পর্যায় সারণীতে একই গ্রুপের সাব-গ্রুপভুক্ত মৌলগুলিকে সারণীর একই কলমে দেখানো হয়েছে (যদিও, A এবং B সাবগ্রুপভুক্ত মৌলগুলির মধ্যে ধর্মগত মিল অতি সামান্যই), দীর্ঘ পর্যায় সারণীতে একই গ্রুপের সাবগ্রুপগুলিকে সম্পূর্ণ পৃথক করে দেখানো হয়েছে। দীর্ঘ পর্যায় সারণী পরমাণুসমূহের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভিত্তিক সারণী, কিন্তু হ্রস্ব পর্যায়-সারণীটি ঠিক তা নয়।

দীর্ঘ পর্যায়-সারণীটির। পৃঃ 74, লাইন 4-8।

2.47 (a) $1s^22s^22p^63s^1$ (b) $1s^22s^22p^63s^23p^6$ (c) $1s^22s^22p^63s^23p^63d^64s^2$
(d) $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^1$.

(i) আদর্শ বা প্রতিনিধি মৌল, নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল, সন্ধিগত মৌল, আন্তঃ সন্ধিগত মৌল।

(ii) প্রথমটির 1, দ্বিতীয়টির 0, তৃতীয়টির 2, 3 বা তারও বেশী (একাধিক যোজ্যতা), চতুর্থটির 3।

(iii) যথাক্রমে, গ্রুপ I, গ্রুপ 0, গ্রুপ VIII, গ্রুপ III.

2·48 পৃঃ 76-77, না—পৃঃ 77।

2·49 পরমাণুর ইলেকট্রনীয় বিন্যাসের ভিত্তিতে সংজ্ঞা দেওয়া সন্ধিগত মৌলগুলির মধ্যে মেন্ডেলিফ-কথিত সন্ধিগত মৌলগুলিও, অর্থাৎ, Fe, Co, Ni ; Ru, Rh, Pd ; Os, Ir, Pt, পড়ে, তবে আরও বহুসংখ্যক মৌলও ইলেকট্রনীয় বিন্যাসভিত্তিক সংজ্ঞা অনুযায়ী সন্ধিগত মৌলশ্রেণীর অন্তর্গত হতে পারে। পৃঃ 76-77 দ্রষ্টব্য।

2·51 পৃঃ 75, লাইন 23-72 ; লাইন 28-32।

2.52 (a) s-ব্লক $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ (b) p-ব্লক $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

(c) f-ব্লক $[Xe] 4f^2 6s^2$ (d) d-ব্লক $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$

তৃতীয় অধ্যায়

3·1 পৃঃ 85, প্রথম 3-4টি লাইন।

3·2 রাসায়নিক সংযোগের মাধ্যমে পরমাণু দুটি ইলেকট্রনীয় গঠনের দিক থেকে অধিকতর সুস্থিতি অর্জন করতে চায়।

3·3 রাসায়নিক সংযোগের মাধ্যমে সংযোগী পরমাণু সমন্বিত সিস্টেম যদি প্রাক-সংযোগ অবস্থা থেকে নিম্নতর শক্তির অবস্থায় পৌঁছাতে পারে তবেই সংযোগী পরমাণুগুলির মধ্যেকার রাসায়নিক বন্ধনী স্থায়ী হয়।

3·4 মূলত পাঁচ ধরনের—আয়নীয় বন্ধনী, সমযোজী বন্ধনী, ধাতব বন্ধনী, হাইড্রোজেন বন্ধনী এবং ভ্যানডারওয়াল্স বলসমূহ।

3·5 পরমাণুর যে ইলেকট্রনগুলি রাসায়নিক সংযোগে অংশ নেয় সেগুলিই যোজন-ইলেকট্রন। পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষীয় এক বা একাধিক ইলেকট্রন এবং কোন কোন ক্ষেত্রে সর্ববহিস্থ কক্ষের ঠিক আগের কক্ষটিরও কয়েকটি ইলেকট্রন যোজ্যতার জন্য দায়ী হতে পারে। যোজ্যতার জন্য দায়ী এই ইলেকট্রনগুলিই যোজন ইলেকট্রন।

3·6 পৃঃ 86।

3·7 হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপটন, জেনন, র‍্যাডন। গ্রুপ 0 তে।

3.8 He $1s^2$, Ne $2s^2 2p^6$, Ar $3s^2 3p^6$, Kr $4s^2 4p^6$, Xe $5s^2 5p^6$, Rn $6s^2 6p^6$. প্রতিটির যোজ্যতা 0।

3·9 (a) সত্য (b) মিথ্যা।

3·10 দুই ধরনের—আয়নীয় বা তড়িৎ-যোজ্যতা এবং সমযোজ্যতা।

3·11 পৃঃ 86, লাইন 7-10। না, পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেন বা লিথিয়ামের নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস মৌল হল হিলিয়াম, যার ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হল $1s^2$. সুতরাং হাইড্রোজেন বা লিথিয়াম-এর চেষ্টা হবে তাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে 2টি ইলেকট্রন রাখা।

3·12 (a) (ii) (b) (iii) (c) (i).

3·13 (a) যথাক্রমে +1 এবং −2, (b) +2 এবং −1 (c) +2 এবং −1 (d) +3 এবং −2 পৃঃ 88-89 দ্রষ্টব্য।

3·14 (a) তড়িৎ-যোজী (b) সমযোজী (c) তড়িৎ-যোজী (d) সমযোজী (e) সমযোজী (f) তড়িৎ-যোজী (g) তড়িৎ-যোজী (h) সমযোজী (i) সমযোজী (j) সমযোজী। পৃঃ 88, 92 দেখ এবং নিজেই লেখ।

3·15 না।

3·16 সমযোজী বন্ধনী এবং কো-অর্ডিনেট বন্ধনী উভয়েই শূন্যে নির্দিষ্ট দিকে নির্দেশিত থাকে। সমযোজী বন্ধনীর মেরুধর্মিতা থাকতেও পারে, নাও থাকতে পারে, কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর মেরুধর্মিতা থাকবেই। সমযোজী বন্ধনীর ক্ষেত্রে বন্ধীয় ইলেকট্রন জোড়ের একটি আসে সংযোগী পরমাণুদ্বয়ের একটি থেকে, অপরটি আসে অপর পরমাণু থেকে।

কো-অর্ডিনেট বন্ধনীর ক্ষেত্রে বন্ধনীয় ইলেকট্রন জোড়ের দুটি ইলেকট্রন আসে একটি মাত্র পরমাণু থেকে।

3·17 (a) সমযোজী বন্ধনী (b) আয়নীয় বন্ধনী (c) ধাতব বন্ধনী (d) আয়নীয় বন্ধনী।

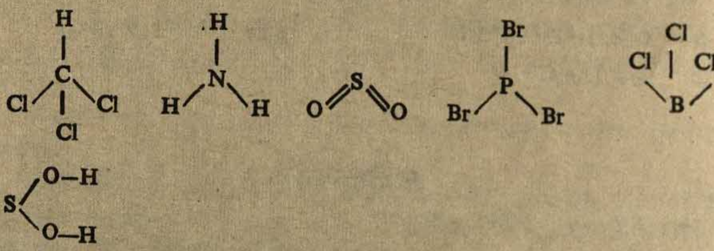
3·18 আছে। পৃঃ 90, 93-94 দ্রষ্টব্য।

3·19 পৃঃ 94।

3·20 হ্যাঁ। পৃঃ 90।

3·21 হ্যাঁ। পৃঃ 93-94।

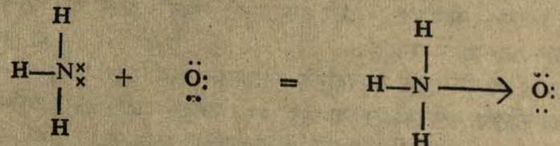
3.22 গঠন সংকেত



3·23 না।

3·24 Bএর 4। A এবং C উভয়েরই 2।

3·25 (i) হ্যাঁ। অ্যামোনিয়ার N পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়টি O পরমাণুতে দত্ত হলে O পরমাণুর অষ্টক পূর্ণ হতে পারেঃ



(ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl, পৃঃ 98।

3·26 না, না।

3·27 না। মোটামুটিভাবে একই রকম শক্তিসম্পন্ন।

3·28 না, আয়নীয় সম্মিলনী রূপে কেলাসে বর্তমান থাকে।

3·29 স্থিরতাড়িতিক আকর্ষণী বল।

3·30 হ্যাঁ—অধিকাংশ ক্ষেত্রেই।

3·31 সেইসব কেলাস, যেগুলিতে বিভিন্ন অণুগুলিকে (সমযোজী নমুনা) একত্রে গ্রথিত রাখে ভ্যানডারওয়াল্স বলসমূহ তাদের আণবিক কেলাস বলে। ভ্যানডারওয়াল্স বলসমূহ। প্রকৃতি তাড়িতিক।

3·32 বিপরীত ঘূর্ণনযুক্ত দুটি ইলেকট্রনের জোট-বাঁধা জনিত একটি তড়িৎ-চুম্বকীয় বল।

3·33 (a) হিলিয়াম থেকে জেননে স্ফুটনাঙ্ক ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। পৃঃ 101 দ্রষ্টব্য।

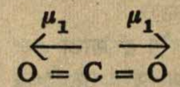
(b) আয়োডিনের উচ্চতম এবং ফ্লুওরিনের নিম্নতম। আয়োডিনের আণবিক ওজন এদের মধ্যে সর্বোচ্চ এবং ফ্লুওরিনের সর্বনিম্ন। ভ্যানডারওয়াল্স বলসমূহের প্রাবল্য আণবিক ওজন বেশী হলে বৃদ্ধি পায়, কাজেই আয়োডিন অণুগুলির মধ্যেকার আকর্ষণী শক্তি সবচাইতে বেশী—এই অণুগুলিকে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন করা তাই অধিক শক্তি প্রয়োগ সাপেক্ষ। পৃঃ 101।

3·34 না। সঠিক বিবৃতি হওয়া উচিত "সোডিয়াম ক্লোরাইডের সাঙ্কেতিক ওজন 58·5"। কারণ, সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি আয়নীয় যৌগ এবং কোন প্রকৃত আয়নীয় যৌগই বিচ্ছিন্ন, স্বতন্ত্র অনুরূপে অবস্থান করে না (একমাত্র গ্যাসীয় অবস্থায় ছাড়া)।

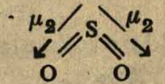
3·35 (a) NaCl আয়নীয় যৌগ এবং CCl_4 সমযোজী যৌগ। এর পর পৃঃ 101-2 দ্রষ্টব্য।

(b) $SnCl_2$ আয়নীয় যৌগ। $SnCl_4$ সমযোজী যৌগ। পৃঃ 101-2।

3·36 পৃঃ 102, লাইন 2-8।
3·37 পৃঃ 102, লাইন 10-12।
3·38 পৃঃ 102, লাইন 13-18।
3·39 না, হ্যাঁ—জলীয় দ্রবণে তড়িতের পরিবাহী (পৃঃ 102, শেষের কয়েকটি লাইন দ্রষ্টব্য)।
3·40 না, NaCl জলে এবং CCl_4 বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয়।
3·41 কারণ, ঐ যৌগগুলি নিজেরাই মেরুধর্মী (পৃঃ 103, লাইন 11-13)।
3·42 কমে যায়। (পৃঃ 103, লাইন 14-21 দ্রষ্টব্য)।
3·43 প্রথম বিক্রিয়াটির। পৃঃ 103, রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার—দ্রষ্টব্য।
3·44 যখন এই বন্ধনী একই মৌলের দুটি পরমাণুর মধ্যে গঠিত হয় তখন।
3·45 যে দুটি পরমাণুর মধ্যে বন্ধনী গঠিত হয় তাদের তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের উপর।
3·46 A এবং B এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য 1·7 হলে।
3·47 হ্যাঁ।
3·48 ডেবাই এককে ($1D = 10^{-18}$ ই· এস· ইউ· সেমি)।
3·49 হ্যাঁ, আছে।
3·50 কারণ, CO_2 অণুর গঠন সরলরৈখিক। তাই বিপরীত দিকে নির্দেশিত সমমানের দুটি C–O দ্বি-মেরুভ্রামক পরস্পরকে প্রশমিত করে দেয়। CO_2 এর নীট দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান তাই শূন্যঃ



কিন্তু SO_2 এর গঠন কৌণিক। দুটি S—O দ্বি-মেরু ভ্রামক একটি কোণে পরস্পরে আবদ্ধ থাকে—নীট দ্বি-মেরু ভ্রামক তাই O না হয়ে দুটি S–O দ্বি-মেরু ভ্রামকের মিলিত (resultant) বলরূপে প্রকাশ পায়ঃ



3·51 o, পৃঃ 109।
3·52 o, পৃঃ 108।
3·53 বেশী হলে অণুর মেরুধর্মিতা বেশী হবে, কম হলে অণুর মেরুধর্মিতা কম হবে।
3·54 পৃঃ 112, লাইন 7-14।
3·55 পৃঃ 112, লাইন 15-20।
3·56 না, তার কোন অর্থ নেই। ধ্রুবীয় হতেও পারে, নাও হতে পারে—যেমন CO_2 অধ্রুবীয়। কিন্তু SO_2 ধ্রুবীয়। পৃঃ 109।

চতুর্থ অধ্যায়

4·1 পৃঃ 121, লাইন—শেষ থেকে 10-9।
4·2 পৃঃ 121, লাইন—শেষ থেকে 6-3।
4·3 হ্যাঁ। অক্সিজেন এবং ক্লোরিন দুটিই তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল। কোন নমুনায় অক্সিজেন বা ক্লোরিন যে কোনটি রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হওয়ার অর্থ একই—তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল নমুনায় যুক্ত হওয়া—পদ্ধতিটি সাধারণত জারণ ক্রিয়া।
4·4 হ্যাঁ। বিজারণ বিক্রিয়া।
4·5 (a) সঠিক নয়. (b) সঠিক নয় (c) সঠিক (d) সঠিক।
4·6 (a) প্রযোজ্য (b) প্রযোজ্য নয় (c) সাদৃশ্য আছে।
4·7 (a) না (b) না। পৃঃ 124—শেষ দুটি লাইন এবং পৃঃ 125, লাইন 1-7 দ্রষ্টব্য।
4·8 NaCl গঠন। পৃঃ 123।
4·9 (a) হ্যাঁ। (b) না।

4·10 না, এক্ষেত্রে যে আয়োডাইড আয়ন আয়োডিনে জারিত হয়েছে এবং ক্লোরিন ক্লোরাইড আয়নে বিজারিত হয়েছে সেই বিষয়ে উল্লেখ করা একান্ত প্রয়োজন:
$2I^- - 2e \rightarrow I_2$, $Cl_2 + 2e \leftarrow 2Cl^-$.

4·11 (b)

4·12 হ্যাঁ, ক্লোরিন ক্লোরাইডে বিজারিত হয়।

4·13 (a) জারিত $SnCl_2$, বিজারিত $HgCl_2$; জারক $HgCl_2$, বিজারক $SnCl_2$.
(b) জারিত H_2S, বিজারিত Cl_2; জারক Cl_2, বিজারক H_2S.
(c) জারিত Zn, বিজারিত H^+ জারক H^+ বিজারক Zn.
(d) জারিত Zn, বিজারিত Cu^{2+}, জারক Cu^{2+}, বিজারক Zn.
(e) জারিত I^-, বিজারিত H_2O_2; জারক H_2O_4, বিজারক I^-.

4·14 (a) মিথ্যা (b) সত্য (c) মিথ্যা (d) সত্য (e) সত্য (অনেকক্ষেত্রে)।

4·15 পৃঃ 127ঃ 4, 6।

4·16 (b)তে SO_2 জারক, (a)তে SO_2 বিজারক।

4·17 $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ (পৃঃ 128 দ্রষ্টব্য)।

4·18 হ্যাঁ। (পৃঃ 129ঃ 4, 7)।

4·19 হ্যাঁ। কারণ, অধিকাংশ পদার্থই সমযোজী এবং সমযোজী পদার্থ আয়ন সমবায়ে গঠিত নয় (পৃঃ 130, লাইন 14—18 দ্রষ্টব্য)।

4·20 (a) সবক্ষেত্রে সমার্থক নয় (b) আয়নীয় যোজ্যতা এবং জারণ-সংখ্যা সমার্থক হতে পারে কিন্তু সমযোজ্যতা এবং জারণ-সংখ্যা সমার্থক নয় (পৃঃ 131ঃ 4·8)।

4·21 (a) +2 (b) একটি Sএর +6, অপরটির −2 (c) একটি Sএর 6, অপরটির 2।

4·22 (a) না (b) হ্যাঁ, সাধারণত একই।

4·23 (a) −1 (b) +5 (c) +7 (d) +4 (e) +5
(f) +7 (g) 0.

4·24 (a) ভুল (b) ভুল (c) সঠিক (d) সঠিক (e) সঠিক।

4·25 (a) ভুল (b) ঠিক (c) ভুল (d) ঠিক।

4·26 (a) জারিত হল (b) বিজারিত হল (c) বিজারণ।

4·27 (a) হ্রাস পায় (b) বৃদ্ধি পায়।

4·28 (a) আয়োডাইড জারিত এবং ক্লোরিন বিজারিত হয়; জারক দ্রব্য ক্লোরিন. বিজারক দ্রব্য আয়োডাইড। আয়োডিনের জারণ-সংখ্যা KIতে −1 থেকে I_2তে 0 হয়। জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায়—জারণ। Cl_2এর জারণ-সংখ্যা 0 থেকে −1 (ক্লোরাইডে) হয়, জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায়—এটি বিজারণ।
(b) জারিত I_2, বিজারিত ক্লোরেট। জারক-ক্লোরেট, বিজারক I_2. I_2এর জারণ-সংখ্যা 0 থেকে +5এ বৃদ্ধি পেয়েছে। ক্লোরেটের ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা +5 থেকে 0তে (মৌল Cl_2 এতে) হ্রাস পেয়েছে।

4·29 জারক-বিজারক উভয়রূপেই কাজ করতে পারে—SO_2, H_2O_2, CO, NO_2, I_2। পারে না—CO_2.

4·30 (i) জারণ-বিজারণ নয় (কোন পরমাণুরই জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হয় না)।
(ii) জারণ-বিজারণ (Cu→0 থেকে +2, S→+6 থেকে +4)।
(iii) জারণ-বিজারণ (Fe→0 থেকে +2, H→+1 থেকে 0)।
(iv) জারণ-বিজারণ নয় (জারণ-সংখ্যার কোন পরিবর্তন নেই)।
(v) জারণ-বিজারণ নয় (জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন নেই)।
[প্রতিটি পরমাণুর উপর এর জারণ-সংখ্যা নিজেই লিখে নাও]

4·31 (a) ভুল (b) ঠিক (c) ঠিক।

4·32 হ্যাঁ।

4·33 2 : 5 এই অনুপাতে।

4·34 (a) জারক দ্রব্য HNO_3, বিজারক দ্রব্য Cu।

(b) Cu এর ক্ষেত্রে 2 (0 থেকে +2), HNO_3 এর N এর ক্ষেত্রে 1 (+5 থেকে +4)।

(c) 1 : 2 এই অনুপাতে। এক্ষেত্রে অবশ্য অতিরিক্ত 2 অণু HNO_3 লাগবে Cuকে $Cu(NO_3)_2$তে পরিবর্তিত করতে।

4·35 নিজেকেই এগুলো করতে হবে। পৃঃ 136-138 দ্রষ্টব্য।

4·36 M=দ্রব্যটির আণবিক ওজন বা সাঙ্কেতিক ওজন।
X=এক অণু পদার্থের জারণে বা বিজারণে যতগুলি ইলেকট্রনের অংশ থাকে সেই সংখ্যা।

4·37 পৃঃ 140, সারণী 4·2 দ্রষ্টব্য।

4·38 পৃঃ 140, সারণী 4·2 দ্রষ্টব্য।

4·39 IM (বা IN) HCl দ্রবণে নিমজ্জিত প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার যেখানে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্রবণটির মধ্যে চালনা করা হয় এমন তড়িৎ-দ্বারই হল প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎ-দ্বার। তড়িৎ-বিভবের মান ধরা হয় 0।

4·40 (a) সঠিক (b) সঠিক নয় (c) সঠিক নয় (d) সঠিক।

4·41 হ্যাঁ, অ্যালুমিনিয়াম আংশিক দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণে আলুমিনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করবে এবং ফেরাস আয়ন আয়রনে বিজারিত হয়ে অ্যালুমিনিয়াম পাতের উপর জমা হবেঃ $3FeSO_4+2Al=3Fe+Al_2(SO_4)_3$।
দ্বিতীয় অংশঃ না, কারণ তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে অ্যালুমিনিয়ামের স্থান আয়রনের উপরে, কাজেই অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ থেকে অ্যালুমিনিয়াম আয়রন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হবে না।

4·42 লিথিয়াম।

4·43 না, কারণ তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে গোল্ড বা সিলভারের স্থান হাইড্রোজেনের নীচে। ম্যাগনেসিয়াম পারে।

4·44 (a) Liএর (b) Znএর (c) Naএর (d) Feএর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু সাধারণত নিম্নতর স্থানে অবস্থিত ধাতু অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় হয়ে থাকে (ঐ শ্রেণী দ্রষ্টব্য)।

4·45 Na, Mg, Zn, Pb, Cu, Hg, Ag, Au—তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বাঁদিক থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায় (পৃঃ 142 এবং 143-এর সারণী 4·3 এবং চিত্র 4·2 দ্রষ্টব্য)।

4·46 পৃঃ 143, লাইন 19-22 দ্রষ্টব্য।

4·47 Na_2Oএর সবচেয়ে বেশী এবং Al_2O_3এর সবচেয়ে কম হবার সম্ভাবনা, কারণ পরাতড়িৎ-ধর্মিতা Naএর সবচেয়ে বেশী এবং Alএর সবচেয়ে কম (ঐ তিনটি মৌলের মধ্যে)।

4·48 HgO, Ag_2Oকে (পৃঃ 145, লাইন 1-4)।

II. অজৈব রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

1·1 (ক) ভুল, (খ) (i) ভুল, (ii) ঠিক, (iii) ভুল, (গ) ভুল, (ঘ) ঠিক, (ঙ) ভুল।

1·2 (ক) হাল্কা ধাতু, (খ) ভারী ধাতু. (গ) মুদ্রা ধাতু, (ঘ) ক্ষারীয় মৃত্তিক ধাতু।

1·3 (ক) কেলাসাকার গঠন বিশিষ্ট, উজ্জ্বল আভাসম্পন্ন তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী মৌলকে ধাতু বলে। না।
(খ) (Na, K, Rb, Cs, Fr), (Ca, Ba, Sr), (Cu, Ag, Au).
(গ) যাদের ঘনত্ব 6-এর কম, যাদের ঘনত্ব 6-এর বেশী।

1·4 কপার, আয়রন, গোল্ড, সিলভার, টিন, অ্যান্টিমনি, লেড, পারদ, মারকারী, জিঙ্ক, লোহা।

1·5 (ক) (ii) পাওয়া যায় না (খ) (i) পাওয়া যায়

1·6 (ক) গোল্ড, (খ) জিঙ্ক, (গ) কপার, (ঘ) ম্যাগনেসিয়াম।

1·7 (b) সঠিক।

1·8 ধাতুমল।

1·9 খনিজে উপস্থিত অপদ্রব্যগুলিকে খনিজমল বলে। যে পদার্থ আকরিকে উপস্থিত অপদ্রব্যগুলিকে গলাতে সাহায্য করে তাকে বিগালক বলে।

1·10 (ক) ক্ষারধর্মী, (খ) অম্লধর্মী।

1·11 গলিত ধাতুর উপর গলিত ধাতুমল ভেসে থাকে, এই পৃথক স্তর থেকে ধাতু ও ধাতুমল পৃথক করা হয়।

1·12 ভস্মীকরণে আকরিককে গলনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। তাপ জারণে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে গলনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রায় কিন্তু ভস্মীকরণের চেয়ে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়—ইহা সালফাইড আকরিকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

1·13 উদ্বায়ী অপদ্রব্য যথা CO_2, As, S, H_2O প্রভৃতি।

1·14 সালফাইড আকরিক।

1·15 ঘনত্ব 6-এর কম যথা, Na, K, Ca, Mg, Al ; ঘনত্ব 6-এর বেশী Cu, Au, Pt, Pb, Fe, Co, Ni, Hg, Zn প্রভৃতি।

1·16 প্রকৃতিতে মুক্ত ধাতু বা ধাতব যৌগ সমন্বিত পদার্থকে খনিজ বলে ; প্রভেদ আছে।

1·17 যে সব খনিজ থেকে সহজে এবং লাভজনক উপায়ে ধাতু নিষ্কাশিত করা যায় তাদের নির্দিষ্ট ধাতুর আকরিক বলে। হিমাটাইট ও আয়রন পাইরাইটিস খনিজ দুটির মধ্যে আয়রনের পরিমাণ বেশী, কিন্তু হিমাটাইট থেকে লাভজনক উপায়ে আয়রন নিষ্কাশিত হয় বলে একে আয়রনের আকরিক বলা হয়।

1·18 চৌম্বক ধর্মী আকরিক অচৌম্বক ধর্মী পদার্থ থেকে পৃথক করা হয়।

1·19 সালফার, আরসেনিক যুক্ত কার্বনেট আকরিককে ভস্মীকরণ এবং সালফাইড আকরিক তাপজারিত করে অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

1·20 আকরিকে উপস্থিত অপদ্রব্য গলাতে সাহায্যকারী পদার্থকে গালক বলে। অগলনীয় অপদ্রব্যগুলিকে গলাতে সাহায্য করে।

1·21 খনিজমল+বিগালক $\xrightarrow{\text{তাপ}}$ ধাতুমল

খনিজমলের সঙ্গে বিগালকের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ধাতুমল উৎপন্ন হয়।

1·22 ক্ষারকীয় বা আম্লিক হতে পারে।

1·23 ক্ষারকীয় খনিজমল যেমন CaO, FeO, MgO প্রভৃতি অপসারিত করতে আম্লিক বিগালক SiO_2 ব্যবহৃত হয়।

আম্লিক খনিজমল যথা SiO_2 অপসারিত করতে ক্ষারকীয় বিগালক CaO, FeO ব্যবহৃত হয়।

1·24 ধাতুকে বাষ্পীভূত করে সেই বাষ্পকে ঘনীভূত করে ধাতু সংগ্রহ করা হলে সেক্ষেত্রে বিগালক ব্যবহৃত হয় না।

1·25 বিজারণ প্রক্রিয়া।

1·26 স্বল্প সক্রিয় ধাতু।

1·27 যে প্রক্রিয়ায় বাইরে থেকে কোন বিজারক মেশাতে হয় না, ধাতুটির বিভিন্ন যৌগের মধ্যে বিক্রিয়ায় ধাতু নিষ্কাশিত হয় তাকে স্বতঃবিজারণ বলে।

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2\uparrow$$

1·28 থারমিট পদ্ধতির নীতি হল কোন ধাতুর অক্সাইড থেকে সেই ধাতু অপেক্ষা সক্রিয় কোন ধাতু দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রায় উক্ত ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করে ধাতু নিষ্কাশিত করা।

1·29 উচ্চ তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু।

1·30 ধাতুগুলি মুক্ত হওয়ার পর জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে, ফলে ক্যাথোডে ধাতুর পরিবর্তে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

1·31 কমপক্ষে একটি ধাতব মৌল এবং এক বা একাধিক অধাতব মৌল সমন্বিত ধাতবধর্ম বিশিষ্ট পদার্থকে ধাতুসংকর বলে।

ধাতুসংকরের একটি উপাদান পারদ হলে তাকে পারদ-সংকর বলে।

1·32 কঠিন দ্রবণ অথবা আন্তঃ ধাতব যৌগ।

1·33 সর্বনিম্ন যে তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণ গলে সেই তাপমাত্রাকে ইউটেকটিক তাপমাত্রা বলে। ইউটেকটিক তাপমাত্রায় উপাদানগুলি যে অনুপাতে মিশে ধাতুসঙ্কর গঠন করে তাকে ইউটেকটিক মিশ্রণ বলে।

1·34 না।

1·35 (a) সোডিয়াম তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে এবং কপার স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে। বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু সোডিয়াম তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে এবং অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয় কপার স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়।

(b) ক্যালসিয়াম তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয় কারণ ক্যালসিয়াম অধিক তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতু অক্সিজেনের প্রতি এর আসক্তি বেশী সুতরাং কার্বন দ্বারা বিজারিত করা যায় না। দ্বিতীয় কারণ উচ্চ তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কারবাইড গঠন করে। জিঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয় ধাতু। এর অক্সাইড কমস্থায়ী। এর অক্সাইড থেকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করে ধাতু পাওয়া যায়।

1·36 সোডিয়াম ক্লোরাইড, চিলি সল্ট-পিটার বা সোডিয়াম নাইট্রেট, সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম টেট্রাবোরেট, ক্রায়োলাইট Na_3AlF_6.

1·37 নিকেল অ্যানোড, লৌহ ক্যাথোড।

1·38 গ্রাফাইট অ্যানোড, স্টীল ক্যাথোড।

1·39 ডাউনস পদ্ধতিতে কাঁচামাল NaCl ও $CaCl_2$ সস্তায় পাওয়া যায়।

1·40 সোডিয়াম ক্লোরাইডের (গলনাঙ্ক 815°সে·) সঙ্গে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মেশালে মিশ্রণের (গলনাঙ্ক 600°সে·) কমে যায়, ফলে সোডিয়াম নিষ্কাশন সহজ হয়।

1·41 সোডিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু।

1·42 সোডিয়াম কার্বনেট।

1·43 Na_3AlF_6।

1.44 গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিয়োজন $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$
ক্যাথোড বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$, অ্যানোড বিক্রিয়া : $OH^- - e \rightarrow (OH)$,

$$4[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow,$$

ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যানোডে উৎপন্ন সামান্য জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ,ক্যাথোডে সামান্য H_2 উৎপন্ন করে, $2Na+2H_2O \rightarrow 2NaOH+H_2\uparrow$।

1·45 ক্যাথোডের উপরের চোঙে সোডিয়ামের উপরে হাইড্রোজেন জমা হয় এবং উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রোজেন দ্বারা আবৃত থাকে, ফলে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না।

1·46 সোডিয়াম সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এইজন্য কেরোসিনে ডুবিয়ে রাখা হয়।

1·47 সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 815°সে· এই তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম বাষ্পীভূত হয়ে নষ্ট হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মেশালে মিশ্রণের গলনাঙ্ক 600°সে· হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অনার্দ্র না হলে উৎপন্ন সোডিয়ামের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

1·48 ক্যালসিয়ামের তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব (discharge potential) সোডিয়ামের তড়িৎ-ক্ষরণ বিভব অপেক্ষা বেশী, সেইজন্য Na^+ আয়ন Ca^{+2} এর আগে ক্যাথোডে মুক্ত হয়।

1·49 শুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডকে গলাতে 815°সে· তাপমাত্রার প্রয়োজন এই তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম বাষ্পীভূত হয়ে উৎপাদন প্রক্রিয়ায় বিঘ্ন সৃষ্টি করে।

1·50 সোডিয়াম একটি তীব্র বিজারক পদার্থ সেইজন্য রাসায়নিক বিজারক দ্রব্য দ্বারা সোডিয়াম যৌগকে বিজারিত করে ধাতব সোডিয়াম পাওয়া সম্ভব নয়।

1·51 যায় না, কারণ NaOH-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

1·52 NaCl-এর জলীয় দ্রবণে Na^+ এবং H^+ ক্যাটায়ন দুটির মধ্যে H^+এর বিজারণ বিভব (Reduction Potential) কম হওয়ার জন্য ক্যাথোডে H_2 মুক্ত হবে। ক্যালসিয়াম

ক্লোরাইড অনার্দ্র না হলে উৎপন্ন সোডিয়ামের সংগে জলের বিক্রিয়ায় NaOH এবং H_2 উৎপন্ন হবে।

1·53 না, রাসায়নিক সক্রিয়তা অত্যন্ত বেশী।

1·54 ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, $CaCl_2$।

1·55 সম্ভব নয়, কারণ ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সংগে কার্বনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কারবাইড উৎপন্ন হয়, ক্যালসিয়াম মুক্ত হয় না।

1·56 ক্যালসিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু সুতরাং রাসায়নিক বিজারক দ্রব্য দ্বারা বিজারিত করা যায় না। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। পদ্ধতিটি তড়িৎ-বিজারণ কারণ $\overset{2+}{Ca} + 2e \rightarrow \overset{0}{Ca}$ অর্থাৎ জারণ সংখ্যা +2 থেকে কমে শূন্য হয়েছে।

1·57 (a) $CaCl_2 + CaF_2$; (b) লোহ ক্যাথোড, গ্রাফাইট অ্যানোড ;
(c) $Ca^{2+} + 2e \rightarrow 2Ca$; (d) $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2 \uparrow$; (e) গ্রাফাইট।

1·58 ডেভী, 1808 সালে ; ল্যাটিন শব্দ Calx থেকে।

1·59 জিপসাম, ডলোমাইট ও চুনাপাথর ; রাজস্থান, জম্মু ও কাশ্মীর, তামিলনাড়ু, বিহার, মধ্যপ্রদেশ।

1·60 উৎপন্ন ক্যালসিয়ামের উপর ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের আস্তরণ পড়ে, এই আস্তরণ ক্যালসিয়ামকে ক্লোরিনের সংগে বিক্রিয়া থেকে রক্ষা করে।

1·61 ক্যালসিয়ামের উপর ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের আস্তরণ ক্যালসিয়ামকে বায়ু দ্বারা জারিত হওয়া থেকে রক্ষা করে।

1·62 ক্যালসিয়াম সক্রিয় ধাতু হওয়ার জন্য।

1·63 ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সংগে কার্বনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কারবাইড উৎপন্ন হয়।

1·64 ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের গলনাংক কমানোর জন্য।

1·65 95% ; বায়ুশূন্য পাত্রে 800°সে· তাপমাত্রায় পাতিত করে।

1·66 বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র $CaCl_2$কে বিশুদ্ধ Al দ্বারা উত্তপ্ত করে
$3CaCl_2 + 2Al = 3Ca + 2AlCl_3$.

1·67 রাজস্থানের ক্ষেত্রী, চান্দামারী দরিবা, বিহারের সিংভূম, মধ্যপ্রদেশের মালাসখন্দ ; কপার পিরাইটিস।

1·68 ধাতুর সালফাইড ও অক্সাইডের পরস্পরের বিক্রিয়ায় বিজারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয়, বাইরে থেকে কোন বিজারক যুক্ত করতে হয় না।

1·69 25-30%।

1·70 কপার অপেক্ষা আয়রনের অক্সিজেনের প্রতি আকর্ষণ বেশী, (কারণ আয়রন কপার অপেক্ষা বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক)।

1·71 গলিত কপার সালফাইড ও আয়রন সালফাইডের মিশ্রণকে ম্যাট বলে। সিলিকা গালক হিসেবে কাজ করে, ফেরাস অক্সাইডের সংগে বিক্রিয়ায় ফেরাস সিলিকেট (ধাতুমল) সৃষ্টি করে। কোক দহনে উদ্ভূত তাপ মিশ্রণকে গলায়।

1·72 ফেরাস সিলিকেট, $FeSiO_3$।

1·73 যাতে প্রয়োজন মত অবস্থায় রাখা যায়।

1·74 যাতে গলিত কপার এই নলের নীচে থাকে এবং বায়ুর সংস্পর্শে এসে জারিত হয়ে না যায়।

1·75 আয়রন, সালফার, আরসেনিক, লেড এবং সামান্য পরিমাণে গোল্ড, সিলভার ও প্লাটিনাম।

1·76 গলিত কপারের উপর অ্যানথ্রাসাইট কোকচূর্ণ ছড়িয়ে দিয়ে এবং কাঁচাকাঠের দন্ড দিয়ে আলোড়িত করে বিজারিত করা হয় (পোলিং পদ্ধতি)।

1·77 99·3%।

1·78 বিশুদ্ধ তামার ক্যাথোড এবং অশুদ্ধ তামার অ্যানোড।

1·79 অশুদ্ধ কপার অ্যানোডের সংগে যুক্ত থলিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ শেষে কাদার মত যে পদার্থ, যাতে Ag, Au, Pt প্রভৃতি অশুদ্ধ কপার থেকে জমা হয় তাকে অ্যানোড মাড বলে।

1·80 জিঙ্ক ব্লেন্ড (ZnS)।

1·81 না।

1·82 জিঙ্ক ব্লেন্ড, রাজস্থানের দেবারিতে, অন্ধ্রপ্রদেশের বিশাখাপত্তনমে, কেরালার আলওয়েতে।

1·83 না।

1·84 ক্যাডমিয়াম ও সালফার ডাই-অক্সাইড।

1·85 জিঙ্ক ব্লেন্ড (ZnS), ক্যালামাইন ($ZnCO_4$)।

1·86 উৎপন্ন $ZnSO_4$ কার্বন-বিজারণ পর্যায়ে পুনরায় ZnS-এ পরিণত হয়
$ZnSO_4+4C=ZnS+4CO$.

1·87 কার্বনের পরিমাণ কিছুটা বেশী থাকা প্রয়োজন যাতে CO_2 উৎপন্ন হতে না পারে। কারণ CO_2 উৎপন্ন Zn-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আবার জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন করে,
$Zn+CO_2=ZnO+CO$.

1·88 কারণ এই আকরিকগুলিতে জিঙ্কের অক্সাইড থাকে।

1·89 কম খরচে নিরবচ্ছিন্নভাবে বাণিজ্যিক জিঙ্ক উৎপন্ন করা যায়।

1·90 বিজারণ বা বিগলন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত অশুদ্ধ জিঙ্ককে স্পেলটার জিঙ্ক বলা হয়।

1·91 99·9%, তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে।

1·92 যাতে জিঙ্ক বাষ্পে পরিণত হয়।

1·93 জিঙ্ক 920° সে·, ক্যাডমিয়াম 767° সে·।

1·94 তৈল-ভাসন পদ্ধতিতে।

1·95 অক্সাইড যৌগ, সামান্য পরিমাণে আয়রন, কোবাল্ট, ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড মিশ্রিত থাকে।

1·96 কার্বনের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়ায় কিছু পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম কারবাইড (Al_4C_3) উৎপন্ন হয়।

1·97 অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক (2050°সে·) খুব বেশী, এই তাপমাত্রায় অ্যালুমিনাকে গলিত অবস্থায় রাখতে প্রচুর তড়িৎ-শক্তি ব্যয়িত হয়।

1·98 অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎ-ধনাত্মক সক্রিয় ধাতু, উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম জলীয় দ্রবণে মুক্ত অবস্থায় থাকতে পারে না।

1·99 অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড আদ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ত্বরান্বিত কারক হিসেবে কাজ করে।

1·100 1100°সে· তাপমাত্রা।

1·101 অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক কমানোর জন্য।

1·102 60% ক্রায়োলাইট, 20% অ্যালুমিনা, 20% ফ্লুওরস্ফার, এই মিশ্রণের গলনাঙ্ক 868°সে·।

1·103 অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন উচ্চ তাপমাত্রায় গ্রাফাইট অ্যানোডের সঙ্গে বিক্রিয়া (দহন) করে এর ক্ষয় সাধন করে। কোকচূর্ণ ছড়িয়ে দিলে অক্সিজেন এই কোকের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে গ্রাফাইট অ্যানোড অক্ষত থাকে।

1·104 কারণ নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়ামে (অ্যালুমিনা থেকে আগত) অশুদ্ধি থাকলে অ্যালুমিনিয়াম ভঙ্গুর হয় এবং সহজে জল দ্বারা আক্রান্ত হয়।

1·105 FeO, Fe_2O_3, SiO_2, TiO_2।

1·106 (a) (60% ক্রায়োলাইট+20% অ্যালুমিনা+20% ফ্লুওরস্পার)।
(b) গ্রাফাইট অ্যানোড এবং গ্যাস কার্বন ক্যাথোড।
(c) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের বর্তনীতে একটি বৈদ্যুতিক বাল্ব যুক্ত থাকে, এই বাল্ব জ্বলে উঠলে বোঝা যায় অ্যালুমিনার পরিমাণ কমে গেছে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

2·1 79টি ধাতু, 7টি ধাতুকল্প, 17টি অধাতু।

2·2 যে সকল মৌলের মধ্যে ধাতু এবং অধাতু উভয় প্রকার ধর্ম বর্তমান তাদের ধাতুকল্প বলে।

2·3 (ক) ঠিক, (খ) ঠিক নয়, (গ) ঠিক নয়, (ঘ) ঠিক, (ঙ) ঠিক নয়, (চ) ঠিক নয়, (ছ) ঠিক;

2·4 পারদ ;

2·5 পারদ ও গ্যালিয়াম ;

2·6 ব্রোমিন।

2·7 ধাতব বন্ধনীতে যোজন ইলেকট্রনগুলি সমগ্র কেলাস কাঠামোতে মুক্ত বিচরণশীল অবস্থায় থাকে, এই ইলেকট্রনগুলি ধাতুর তড়িৎ পরিবহনের জন্য দায়ী, ধাতুর কোন স্থানে তাপ দিলে সেখানকার ধাতব পরমাণুগুলি উচ্চতর গতীয় শক্তি সম্পন্ন হয়ে পড়ে, এই পরমাণু-গুলি সেক্ষেত্রে তাদের গতীয় শক্তির কিছুটা মুক্ত ইলেকট্রনগুলিতে স্থানান্তরিত করে। এই ইলেকট্রনগুলি আবার ধাতব কেলাসের অন্যান্য বিন্দুস্থিত পরমাণুগুলিকে ঐ গতীয় শক্তির কিছুটা সঞ্চারিত করে—এই ভাবে সমগ্র ধাতুতে তাপ পরিবাহিত হয়।

2·8 ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুসমূহের মধ্যেকার ধাতব বন্ধনী যথেষ্ট শক্তিশালী হবার দরুণ ধাতব পরমাণুগুলি নিবিড়ভাবে পরস্পরের সঙ্গে আবদ্ধ থাকে অর্থাৎ অল্প আয়তনে প্রচুর সংখ্যক ধাতব পরমাণু থাকে ফলে সাধারণত ধাতুগুলির ঘনত্ব বেশী হয়।

2·9 উপযুক্ত তাপ ও আলোকের প্রভাবে হাল্কাভাবে সংলগ্ন ইলেকট্রনগুলি উত্তেজিত হয়ে সহজেই উচ্চতর শক্তির স্তরে উন্নীত হয় এবং পরে নিম্নতর শক্তি স্তরে ঐ ইলেকট্রনগুলি অবতরণের সময় আলোক রশ্মিরূপে শক্তি নির্গত করে—ইহাই ধাতব দ্যুতি।

2·10 লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম। এদের পারমাণবিক আয়তন বেশী হওয়ায় ঘনত্ব কম। এদের মধ্যে মাত্র একটি করে যোজন ইলেকট্রন ধাতব পরমাণুগুলিকে নিবিড়ভাবে সংবদ্ধ করে রাখতে পারে না।

2·11 $BiCl_3$, $AlCl_3$, 2·12 না, 2·13 অ্যান্টিমনি, বিসমাথ।

2·14 (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় (খ) সাধারণ তাপমাত্রায় (গ) লোহিত তপ্ত অবস্থায় ষ্টীমের সঙ্গে (ঘ) বিক্রিয়া করে না (ঙ) ফুটন্তজলে।

2·15 এই ধতুগুলির কেলাসে যে পরমাণুগুলি থাকে, যোজ্যতা কক্ষের একটিমাত্র ইলেকট্রন এই পরমাণুগুলিকে দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ করে রাখতে পারে না, সেই জন্য এই ধাতুগুলি নরম হয়।

2·16 ধাতব কেলাসে ধাতব পরমাণুর যোজন ইলেকট্রনগুলি সমগ্র কেলাস কাঠামোতে মুক্ত বিচরশীল অবস্থাতে থাকে। ছড়িয়ে থাকা এই গতিশীল ইলেকট্রনগুলি কেলাসে বর্তমান প্রতিবেশী ধাতব আয়নগুলির মধ্যে বন্ধনী শক্তির সৃষ্টি করে, এই ইলেকট্রনগুলি কোন নির্দিষ্ট আয়নের সম্পত্তি নয় কেলাসে উপস্থিত সবগুলি আয়নের সাধারণ সম্পত্তি।

2·17 পরম শূন্যের কাছাকাছি তাপমাত্রায়।

2·18 ধাতব কেলাসে ক্ষার ধাতুগুলির পরমাণু একটি মাত্র যোজ্যতা ইলেকট্রন দ্বারা দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ করে রাখতে পারে না অর্থাৎ কেলাসের মধ্যে পরমাণুগুলি আলগাভাবে থাকে ফলে ধাতুগুলি নরম হয়। সন্ধিগত ধাতুর কেলাসে ধাতব পরমাণুগুলির মধ্যে একাধিক যোজ্যতা ইলেকট্রন ছড়িয়ে থেকে তীব্র বন্ধনের সৃষ্টি করে ফলে ধাতু শক্ত হয়।

2·19 ধাতু ইলেকট্রন গ্রহণ করে না, ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রবণতা বেশী, ধাতুসমূহ তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল। অধাতুসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে এইজন্য এরা তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল।

2·20 Na K প্রভৃতি তড়িৎ রাসায়নিক তালিকার উপরে অবস্থিত এদের ইলেকট্রন ত্যাগ করার ক্ষমতা বেশী, তাই তীব্র বিজারক, Cu, Ag, Au তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকার নীচে অবস্থিত ইলেকট্রন-ত্যাগের প্রবণতা কম সুতরাং মৃদু বিজারক।

2·21 জিঙ্ক তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় কপারের উপরে অবস্থিত অর্থাৎ জিঙ্কের ইলেকট্রন দানের ক্ষমতা কপার অপেক্ষা বেশী। সুতরাং জিঙ্ক Cu^{+2} আয়নকে ইলেকট্রন দান করে Zn^{+2} আয়নে পরিণত হবে।

2·22 সোডিয়াম হাইড্রাইড।

2·23 সোডিয়ামের বিজারণ ক্ষমতা জিঙ্কের বিজারণ ক্ষমতা অপেক্ষা অনেক বেশী. (কারণ সোডিয়াম তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় শীর্ষে অবস্থিত)।

2·24 সোডিয়াম।

2·25 না, জারণ সংখ্যা +1,

2·26 বায়ুর জলীয় বাষ্পের ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সোডিয়াম হাই-ড্রক্সাইড ও সোডিয়াম কার্বনেটের আস্তরণ পড়ে।

2·27 প্রথমে $Zn(OH)_2$ এবং $Al(OH)_3$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে এবং অতিরিক্ত NaOH মেশালে দ্রবণীয় সোডিয়াম জিঙ্কেট Na_2ZnO_2 এবং সোডিয়াম অ্যালুমিনেট $NaAlO_2$ উৎপন্ন হয়।

2·28 লঘু ও ঠাণ্ডা দ্রবণে NaX এবং NaOX ; ঘন ও তপ্ত দ্রবণে NaX এবং $NaXO_3$. (X=Cl, Br, I)।

2·29 সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3$) এবং সোডিয়াম পেণ্টাসালফাইড (Na_2S_5)।

2·30 খাদ্য লবণের মধ্যে মিশ্রিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের জন্য।

2·31 খাদ্য লবণের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইড আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। $NaCl = Na^+ + Cl^-$; সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা গুণফল $NaCl = [Na^+][Cl^-]$; এখন এই দ্রবণে HCl গ্যাস চালনা করলে HCl আয়নিত হয়ে দ্রবণে আয়নের গাঢ়ত্ব খুব বেশী বাড়িয়ে দেয়, ফলে NaCl-এর দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রান্ত হয় এবং বিশুদ্ধ NaCl দ্রবণ থেকে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অন্যান্য অশুদ্ধিগুলির দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রান্ত না হওয়ায় উহারা দ্রবণেই থাকে।

2·32 খাদ্য লবণে অশুদ্ধিগুলি ($CaCl_2$, $MgCl_2$) শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয়।

2·33 অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড, সোডিয়াম সালফেট ও কার্বন ডাই-অক্সাইড।

2·34 ধাতব ক্যালসিয়ামের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় প্রথমেই ধাতব ক্যালসিয়ামের উপর অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের আস্তরণ পড়ে, ফলে জলের সঙ্গে ধাতব ক্যালসিয়ামের সংস্পর্শ ব্যাহত হয়।

2·35 সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার সময় প্রথমেই অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়ে ধাতব ক্যালসিয়ামের উপর আস্তরণ সৃষ্টি করে, ফলে অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর সংস্পর্শ ব্যাহত হয়।

2·36 ক্যালসিয়াম কারবাইড ও ক্যালসিয়াম অক্সাইড।

2·37 যুত যৌগ $Ca(NH_3)_6$ এবং ক্যালসিয়াম অ্যামাইড $Ca(NH_2)_2$।

2·38 ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড (CaH_2), Ca(OCl)Cl.

2·39 পোড়া চুনের (CaO) সাথে পরিমিত পরিমাণ জল মিশিয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড $[Ca(OH)_2]$ প্রস্তুত করার পদ্ধতিকে চুনের কলিকরণ বলা হয়।

2·40 ক্যালসিয়াম ক্লোরেট $Ca(ClO_3)_2$.

2·41 যুত বিক্রিয়ায় $CaCl_2$. $8NH_3$ উৎপন্ন হয়।

2·42 $(CaSO_4)_2$ H_2O ; প্লাস্টার অফ প্যারিস, চকপেন্সিল, কাগজ শিল্পে ও অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদনে।

2·43 কস্টিক সোডা বা কোন ক্ষারের সঙ্গে ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া হয় না। দ্রবণের জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $Ca(OH)_2$ ও H_2 উৎপন্ন করে।

2·44 ক্ষারীয় মৃত্তিক।

2·45 $Ca((OH)_2$, আলাদা।

2·47 উচ্চ তাপমাত্রায় ধাতব ক্যালসিয়ামের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায়।

2·48 পরিমিত পরিমাণ জল মিশিয়ে, উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে।

2·49 কপার অক্সাইড ও কপার সালফাইডের আস্তরণ পড়ে।

2·50 তড়িৎ-রাসায়নিক তালিকায় কপার হাইড্রোজেনের নীচে অবস্থিত।

2·51 ফেরিক সালফেট ফেরাস সালফেটে বিজারিত হয়, দ্রবণে কপার-সালফেট উৎপন্ন হওয়ার জন্য দ্রবণের বর্ণ নীল হয়।

2·52 লাল-বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।

2·53 নীল বর্ণের কিউপ্রামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড্ গঠিত হয়।

2·54 লাল হয়।

2·55 কিউপ্রিক অক্সাইড—কালো, কিউপ্রাস অক্সাইড—লাল।

2·56 গাঢ় H_2SO_4, এবং HNO_3

2·57 হাঁ, গাঢ় HSO_4-কে বিজারিত করে SO_2 উৎপন্ন করে, H_2-কে জারিত করে H_2O উৎপন্ন করে।

2·58 (i) Cu মুক্ত হয় (ii) Cu মুক্ত হয় (iii)কোন বিক্রিয়া হয় না।
(i) এবং (ii)-এর ক্ষেত্রে Fe এবং Zn তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে Cu-এর উপরে অবস্থিত।
(iii)-এ Au তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে Cu-এর নীচে অবস্থিত।

2·59 জিঙ্ক অক্সাইড (উলের ন্যায়)।

2·60 ফেরাস সালফেটে বিজারিত করে, দ্রবণ বর্ণহীন হয়।

2·61 জিংক প্রলেপযুক্ত আয়রনকে।

2·62 সবুজ বর্ণের অবশেষ পাওয়া যায়। $2Co(NO_3)_2 \rightarrow CoO + 4NO_2 + O_2$
$ZnO + CoO \rightarrow CoO, ZnO$ বা $CoZnO_2$ (রীনম্যানের সবুজ)।

2·63 $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$

2·64 উভধর্মী

2·65 কারণ এতে ক্ষারকীয় জিংকক্লোরাইড ($ZnCl_2$, ZnO) উৎপন্ন হয়।

2·66 জিংক সালফাইড ও বেরিয়াম সালফেটের মিশ্রণ।

2·67 $ZnSO_4, 7H_2O$, এপসম লবণ $Mg_2SO_4, 7H_2O$

2·68 1 : 3 ওজন অনুপাতে Al-চূর্ণ ও Fe_2O_3 মিশ্রণকে।

2·69 নীল (থেনার্ডনীল) $CoAl_2O_4$ গঠিত হয়।

2·70 সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

2·71 এরা সমাকৃতি সম্পন্ন।

2·72 $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$; দ্বি-লবণ।

2·73 Al_2O_3 এবং $Al(OH)_3$ অতি মৃদু ক্ষারক সুতরাং অতি মৃদু অ্যাসিড কার্বনিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়ামের কোন কার্বনেট লবণ গঠিত হয় না।

2·74 (i) অক্সাইড ; (ii) সাধারণ অ্যালাম (iii) অনার্দ্র $AlCl_3$

2·75 কারণ জিঙ্ক লোহার চেয়ে বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক।

2·76 না।

2·77 কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং লোহার সঙ্গে বিক্রিয়ায় এই কার্বনিক অ্যাসিড ফেরাস-বাই কার্বনেট উৎপন্ন করে এবং পরে ক্ষারকীয় কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়। এই ক্ষারকীয় কার্বনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে সোদক ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

2·78 লোহার উপরে আয়রন অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে।

2·79 পারে। ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, শুষ্ক নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড।

2·80 সবুজ কাচ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

2·81 ফেরিক অক্সাইড। প্রসাধনী ও রং প্রস্তুতিতে।

2·82 ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাইট লবণ গঠন করে।

2·83 ফেরোসো ফেরিক অক্সাইড।

2·84 ইহা FeO এবং Fe_2O_3-এর মিশ্রণ কারণ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাস ও ফেরিক লবণ উৎপন্ন করে।

2·85 উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে ফেরিক অক্সাইড ও ক্ষারকীয় ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

2·86 $FeSO_4$, NO।

2·87 বাদামী বর্ণের ক্ষারকীয় ফেরিক সালফেটে জারিত হয়।

2·88 ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট ফেরাস সালফেটের ন্যায় উদ্‌ত্যাগী নয়, এর জলীয় দ্রবণ বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না।

তৃতীয় অধ্যায়

3·1 20%

3·2 91-92%

3·3 ক্যাথোডে NaOH এবং H_2 ; অ্যানোডে Cl_2।

3·4 মারকারীর হাইড্রোজেন ওভার ভোল্টেজ বেশী।

3·5 দ্রবণের রোধ কমে, মধ্যাবরকের ছিদ্রগুলি পরিষ্কার হয় যাতে দ্রবণ ক্যাথোডের সংস্পর্শে আসতে পারে, উৎপন্ন NaOH দ্রবীভূত হয়।

3·6 কারণ আয়রন বা অন্য কোন লবণ অশুদ্ধি রূপে থাকলে কস্টিক সোডার সঙ্গে তাদের বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে যা মধ্যাবরকের ছিদ্রগুলি বন্ধ করে দেয়।

3·7 সোডিয়াম ক্লোরাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, চুনাপাথর, কোক।

3·8 Na_2SO_4, $NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl$ (200° সে.)
$NaCl+NaHSO_4=Na_2SO_4+HCl$ (500-600° সে.)।

3·9 Na_2CO_3 এবং CaS-এর মিশ্রণ, 45%।

3·10 দ্রবণ উত্তপ্ত হলে দ্রবণের NH_3 শোষণ ক্ষমতা কমে যায়।

3.11 না, দ্রবণে উপস্থিত অশুদ্ধি Ca^{+2}, Mg^{+2}, Fe^{+2} প্রভৃতিকে অদ্রাব্য কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে।

3·12 উৎপন্ন $NaHCO_3$কে অধঃক্ষিপ্ত করতে।

3·13 শীতলীকৃত দ্রবণে অধঃক্ষিপ্ত $NaHCO_3$কে অনুপ্রেষ পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়। পরিস্রুত থেকে NH_4Cl পাওয়া যায়।

3·14 ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে 180° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে।

3·15 NH_3 উৎপন্ন করে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

3·16 গ্যাস কার্বন অ্যানোড এবং তামার তারজালির ক্যাথোড।

3·17 অ্যানোডে Cl_2 এবং ক্যাথোডে H_2।

3·18 ক্যাথোড কক্ষে।

3·19 99.5%,

3·20 কাঁচামাল সস্তা, উৎপাদন ক্ষমতা বেশী, জ্বালানি খরচ কম।

3·21 উৎপাদন খরচ বেশী হওয়ার জন্য।

3·22 হোউ (Hou)।

3·23 অশুদ্ধিগুলি অদ্রাব্য কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

3·24 কারণ বিক্রিয়াটি উভমুখী। CO_2 অপসারিত করলে পশ্চাৎ-বিক্রিয়া হতে পারে না।

3·25 না, বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী সুতরাং উচ্চ তাপমাত্রা বিক্রিয়াটির গতি ত্বরান্বিত করে।

3·26 CaO, $Ca(OH)_2$।

3·27 কলিকরণ। তাপদায়ী।

3·28 কারণ জলের সঙ্গে ব্লিচিং পাউডারের বিক্রিয়ায় আবার ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।

3·29 কারণ CO_2, HCl কলিচুনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

3·30 নিরুদিত $CaSO_4$ উৎপন্ন হয়। এটি তখন জলের সঙ্গে মেশালে পুনরায় শক্ত হয়ে জমাট বাঁধে না।

3·31 $CaSO_4$কে CaS-এ বিজারিত করে।

3·32 বক্সাইট, H_2SO_4, K_2SO_4।

3·33 বেরিয়াম সালফাইড মিশিয়ে বিজারিত করে।

মিশ্র অনুশীলনী

সাধারণ রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

1. ম্যাগনেসিয়ামের (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 12) তিন প্রকার ভরের পরমাণু আছে, যাদের ভর-সংখ্যা 24, 25, 26। পারমাণবিক গঠন-তত্ত্ব থেকে ঐ সকল আইসোটোপের ব্যাখ্যা দাও। (J.E.E., 1975)

[**উত্তর-আভাষ ঃ পঃ ক্রমাঙ্ক 12 তিনটি পরমাণুর ক্ষেত্রেই স্থির। পরমাণু-কেন্দ্রীনে**

প্রোটন সংখ্যাও একই, অর্থাৎ 12। নিউট্রন সংখ্যা যথাক্রমে (24 − 12) বা 12. (25 − 12) বা 13, (26 − 12) বা 14, নিউট্রন সংখ্যা তিনটি আইসোটোপে বিভিন্ন]

2. পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ে অবস্থিত একটি মৌলের পরমাণু কেন্দ্রে আটটি প্রোটন এবং আটটি নিউট্রন বর্তমান। এটির ভর সংখ্যা কত? এর পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলি বিভিন্ন কক্ষ ও উপকক্ষে কিভাবে বিন্যস্ত দেখাও। মৌলটি পর্যায় সারণীর কোন্ গ্রুপে স্থান পাবে? (J.F.E., 1979)

[**উত্তর-আভাষ :** ভর সংখ্যা = নিউট্রন সংখ্যা + প্রোটন সংখ্যা = 8+8 = 16 ; ইলেকট্রন সংখ্যা = প্রোটন সংখ্যা = 8 ; ইলেকট্রন বিন্যাস—$1s^2 2s^2 2p^4$. পর্যায় সারণীর গ্রুপ VI-এ স্থান পাবে, কারণ সর্ববহিস্থ কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা 6.]

3. দুটি মৌল A এবং B-এর পরমাণু ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 9 এবং 17. এই দুটি মৌলের পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষে ও উপকক্ষে ইলেকট্রন সজ্জা কিরূপ? পরমাণুর গঠন তত্ত্বের সাহায্যে বল A মৌলটি B মৌলের তুলনায় অধিকতর জারণ শক্তি সম্পন্ন কেন?

[**উত্তর-আভাষ :** A—$1s^2 2s^2 2p^5$, B—$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. A মৌলের পরমাণু B মৌলের পরমাণু অপেক্ষা ক্ষুদ্রাকার সম্পন্ন কারণ, প্রথম ক্ষেত্রে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষ হল দ্বিতীয় কক্ষ এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বহিস্তম ইলেকট্রনীয় কক্ষ তৃতীয় কক্ষ। সুতরাং A মৌল B মৌল অপেক্ষা উচ্চতর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সম্পন্ন, অর্থাৎ, অন্য মৌলের সঙ্গে যৌগ গঠন কালে দুটি মৌলেরই ইলেকট্রন আকর্ষণ করবার প্রবণতা থাকবে (কারণ আর একটি ইলেকট্রন লাভ করতে পারলেই উভয় পরমাণুর ক্ষেত্রেই ইলেকট্রন অষ্টক পূর্ণ হবে) তবে A-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা B-এর থেকে উচ্চতর হওয়ায় অপর মৌল থেকে নিজের দিকে ইলেকট্রন আকর্ষণের প্রবণতা A-এরই অধিকতর হবে। সুতরাং A-এর জারণ ক্ষমতা তুলনামূলক ভাবে বেশী হবে (কারণ, জারণ ক্ষমতা হল অন্য মৌলের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন বহিষ্কার করে আনবার ক্ষমতা এবং B অপেক্ষা A-এর এই ক্ষমতা বেশী হবে)।

4. নীচের মৌল জোড়গুলিকে কি বলে? (J.E.E., 1983)

(i) $^{40}_{20}Ca$, $^{40}_{19}Al$ (ii) $^{35}_{17}Cl$, $^{37}_{17}Cl$

(iii) $^{18}_{8}O$, $^{20}_{10}Ne$ (iv) $^{64}_{28}X$, $^{64}_{30}Y$

[**উত্তর-আভাষ :** (i) আইসোবার-ভরসংখ্যা একই, পঃ ক্রমাঙ্ক পৃথক। (ii) আইসোটোপ পঃ ক্রমাঙ্ক একই, ভর-সংখ্যা পৃথক (iii) আইসোটোন-ভরসংখ্যা পৃথক। পঃ ক্রমাঙ্ক পৃথক, নিউট্রন সংখ্যা একই যথাক্রমে (18 − 8) = 10 এবং (20 − 10) = 10. (iv) আইসোবার ভরসংখ্যা একই, পঃ ক্রমাঙ্ক পৃথক]

5. একটি তেজস্ক্রিয় মৌল প্রথমে একটি আলফা কণা এবং পর পর দুটি বিটা কণা নির্গত করে। নতুন মৌলটির ভরসংখ্যা এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক কত হবে? মূল মৌলের সঙ্গে সম্পর্কের ভিত্তিতে নতুন মৌলটিকে কি বলা যাবে? (J.E.E. 1980)

[**উত্তর আভাষ :** একটি α-কণা নির্গত হলে ভর সংখ্যা 4 একক হ্রাস পাবে, দুটি β-কণা নির্গত হলে ভরসংখ্যার কোন পরিবর্তন হবে না। সুতরাং নতুন মৌলের ভর-সংখ্যা মূল মৌলটির থেকে 4 একক কম হবে।

একটি α-কণা নির্গত হলে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2 একক হ্রাস পায়, 2টি β-কণা নির্গত হলে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2 একক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং নতুন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক মূল মৌলটির অনুরূপ।

অর্থাৎ, নতুন মৌল এবং মূল মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক একই, ভরসংখ্যা পৃথক। নতুন মৌলটি মূল মৌলের আইসোটোপ বা সমস্থানিক]

6. তিনটি মৌল A, B এবং C যাদের পরমাণু-ক্রমাংক যথাক্রমে 1, 11 এবং 17 তাদের পরমাণুতে বিভিন্ন কক্ষে এবং উপকক্ষে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ভঙ্গি দেখাও। B ও C এবং A ও C-এর সংযোগে গঠিত যৌগে মৌলগুলির যোজ্যতার প্রকৃতি কিরূপ হবে বল। B এবং C পর্যায় সারণীর কোন্ গ্রুপে অবস্থিত হবে নির্দেশ কর। (J.E.E. 1980)

[**উত্তর-আভাষ :** A → $1s^1$, B → $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, C → $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ B এবং C-এর যৌগে → আয়নীয় যোজ্যতা (B-এর + 1, C-এর − 1), A এবং C-এর যৌগে → সমযোজ্যতা (A-এর 1, C-এর 1)। B-এর সর্ববহিস্থ কক্ষে 1টি ইলেকট্রন বর্তমান, এটির অবস্থান তাই পর্যায় সারণীর গ্রুপ 1-এ হবে (গ্রুপ 1A-তে), C-এর সর্ববহিস্থ কক্ষে 7টি ইলেকট্রন। এটি পর্যায় সারণীর গ্রুপ VII-এ অবস্থিত (গ্রুপ VII B-তে)]

7. বিশুদ্ধ অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং বিশুদ্ধ জল—এ দুটিই তড়িতের মন্দ পরিবাহী, কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—কারণ নির্দেশ কর। (J.E.E. 1981)

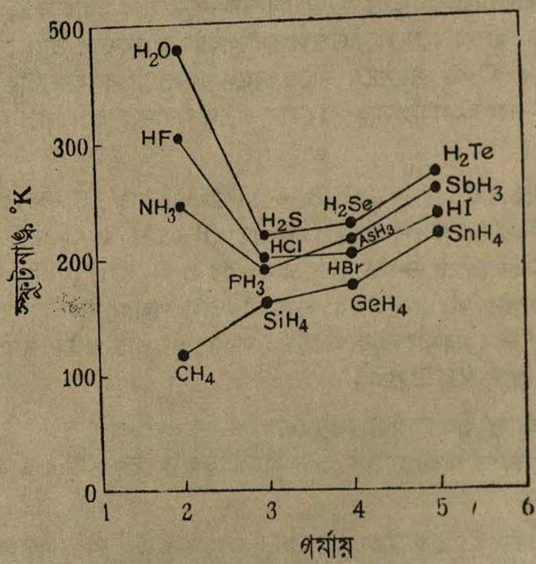
[**উত্তর আভাষ :** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং জল উভয়েই সমযোজী যৌগ, কাজেই এদের কোনটিই তড়িতের সুপরিবাহী নয় (কারণ তড়িৎ-পরিবাহী হতে গেলে আয়নের বা মুক্ত ইলেকট্রনের উপস্থিতির প্রয়োজন)। কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয়ে সম্পূর্ণ রূপে আয়নে বিশ্লিষ্ট হল : $HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$ (হাইড্রনিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়ন গঠিত হয়)। তাছাড়া, অ্যাসিডের উপস্থিতিতে জল অণুও হাইড্রনিয়াম আয়ন এবং হাইড্রক্সিল আয়নে বিয়োজিত হয় : $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$। যাই হোক্, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে যথেষ্ট সংখ্যক আয়নের উপস্থিতির দরুন ঐ দ্রবণ তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপেই ক্রিয়া করে]

8. কার্বনের একটি আইসোটোপের ভর-সংখ্যা 14। এটিতে কয়টি প্রোটন এবং কয়টি নিউট্রন আছে? এই তেজস্ক্রিয় আইসোটোপটির অর্ধ আয়ুষ্কাল প্রায় 6000 বছর। কত বছরে এই কার্বনের নির্দিষ্ট কোন পরিমাণ এক-অষ্টমাংশে পরিণত হবে? (J.E.E. 1982)

[**উত্তর-আভাষ :** কার্বনের পরমাণু-ক্রমাংক 6, সুতরাং 14 ভরসংখ্যা বিশিষ্ট কার্বন পরমাণুতে প্রোটনের সংখ্যা 6 এবং নিউট্রনের সংখ্যা (14 − 6) বা 8। মনে করা যাক্ একটি নির্দিষ্ট সময়ে এই কার্বনের পরিমাণ x গ্রাম। এই পরিমাণ অর্ধেক, অর্থাৎ $\frac{x}{2}$ গ্রাম হয়ে যেতে সময় লাগবে 6000 বছর। $\frac{x}{2}$ গ্রাম তার অর্ধেক, অর্থাৎ, $\frac{x}{4}$ গ্রাম হতে সময় নেবে আরও 6000 বছর। $\frac{x}{4}$ গ্রাম অর্ধেক হতে, অর্থাৎ, $\frac{x}{8}$ গ্রাম হতে সময় নেবে আরও 6000 বছর। অর্থাৎ, x গ্রাম থেকে $\frac{x}{8}$ গ্রাম হতে সময় লাগবে 6000×3 বা 18,000 বছর।]

9. প্রদত্ত চিত্রে পর্যায় সারণীর কয়েকটি গ্রুপের মৌলগুলির হাইড্রাইড যৌগের স্ফুটনাঙ্ক দেখানো হয়েছে। পঞ্চম, ষষ্ঠ এবং সপ্তম গ্রুপের মৌলগুলির হাইড্রাইড সমূহের ক্ষেত্রে প্রথম মৌলটির (যথাক্রমে N, O এবং F-এর) হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক নির্দিষ্ট গ্রুপের

অপর মৌলগুলির হাইড্রাইডের তুলনায় অনেক বেশী কেন ? চতুর্থ গ্রুপের মৌলগুলির হাইড্রাইডের ক্ষেত্রে স্ফুটনাঙ্ক CH_4 থেকে SnH_4-এ ক্রমশ বৃদ্ধি পায় কেন ?



[**উত্তর-আভাষ :**

দ্বিতীয় অংশ : চতুর্থ গ্রুপের মৌলগুলির তড়িৎ-ঋণাত্মকতার মান নিম্ন হওয়ায় এদের হাইড্রাইড যৌগের ক্ষেত্রে কোন H-বন্ধনী হয় না। এই হাইড্রাইডগুলি সমযোজী যৌগ—এদের ক্ষেত্রে আন্ত-আণবিক শক্তি হল ভ্যানডার ওয়াল্‌স বল যার মান যৌগের আণবিক ওজন বেশী হলে সাধারণত উচ্চ হয়। কাজেই CH_4, SiH_4, GeH_4 এবং SnH_4—এই ক্রমেই ভ্যানডার ওয়াল্‌স বলের প্রাবল্য বাড়ে—যৌগগুলির স্ফুটনাঙ্কও তাই এই ক্রমেই বৃদ্ধি পায়]

10. (a) নীচের কোন্ যৌগটির দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য নয় ?
BF_3, NH_3, H_2S, CO_2

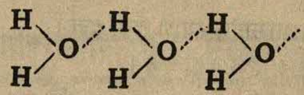
(b) নীচের বন্ধনীগুলিকে ক্রমহ্রাসমান মেরুধর্মিতা অনুযায়ী সাজাও :
B—Cl, Ba—Cl, Br—Cl, Cl—Cl

(c) নীচের যৌগগুলিতে বন্ধনীর প্রকৃতি নির্দেশ কর :
K_2O, Mg_3N_2, Cl_2O, HCl (গ্যাস) [J.E.E. 1985]

[**উত্তর-আভাষ :** (a) H_2S এবং NH_3-এর, কারণ H_2S অণুর গঠন কৌণিক, নীট দ্বি-মেরু ভ্রামক দুটি S—H দ্বি-মেরু ভ্রামকের মিলিত বল (Resultant)। NH_3-এর গঠন চতুস্তলকীয়, দুটি H—N দ্বি-মেরু ভ্রামকের মিলিত বল (Resultant)। তৃতীয় H—N দ্বি-মেরু ভ্রামকের সঙ্গে একই দিকে নির্দেশিত থাকে। ফলে NH_3-এর নীট দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান বেশ উচ্চই। অন্য অণুগুলি সমঞ্জস বা Symmetrical হওয়াতে এদের দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য।

(b) Ba—Cl, B—Cl, Br—Cl, Cl—Cl (তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য যত কম হবে মেরুধর্মিতাও তত কম হবে, এক্ষেত্রে এই পার্থক্য যথাক্রমে 2.1, 1, 0.2, 0)।

(c) $K_2O \rightarrow$ আয়নীয়, $Mg_3N_2 \rightarrow$ আয়নীয়, $Cl_2O \rightarrow$ সমযোজী, HCl $\rightarrow$ সমযোজী ; এদের গঠন ইত্যাদি নিজেরাই ব্যাখ্যা কর।]

11. 

জল অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে উপরের ছবির ন্যায় পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সম্মিলিত অবস্থায় থাকে (তরল অবস্থায়)। এইভাবে সম্মিলিত হয়ে থাকার জন্য গ্রুপ VI B-এর অন্যান্য হাইড্রাইড (যথা ঃ H_2S, H_2Se এবং H_2Te) থেকে বিশেষ করে ভৌত ধর্মের দিক থেকে জল কিছু স্বাতন্ত্র্য দাবি করে। এইরূপ তিনটি ধর্মের উল্লেখ করতে পার?

12. N, P, As, Sb, Bi পর্যায়-সারণীর একই গ্রুপভুক্ত মৌল। এদের মধ্যে কোন্ মৌলটির মধ্যে ধাতব ধর্ম সুস্পষ্ট রূপে দৃষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা?

অজৈব রসায়ন

1. **ব্যাখ্যা কর ঃ**

(i) ক্যালসিয়াম ও আয়রন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কিন্তু কপার ও সিলভার মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

(ii) সব আকরিকই খনিজ কিন্তু সব খনিজ আকরিক নয়।

(iii) ক্যালসিয়াম অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করে ধাতব ক্যালসিয়াম পাওয়া যায় না।

(iv) বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনে শুদ্ধ NaCl-কে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করে Na উৎপন্ন করা অসুবিধাজনক।

(v) HgO-কে উত্তপ্ত করলে Hg মুক্ত হয় কিন্তু ZnO-কে উত্তপ্ত করলে Zn উৎপন্ন হয় না।

(vi) CuO-কে H_2 দ্বারা বিজারিত করে Cu পাওয়া যায় কিন্তু CaO-কে H_2 দ্বারা বিজারিত করে Ca পাওয়া যায় না।

(vii) জিপসামকে কয়লার সংস্পর্শে উত্তপ্ত করে প্লাস্টার অব প্যারিস উৎপন্ন করা যায় না।

(viii) ক্ষারীয় দ্রবণ অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে ফোটানো যায় না।

(ix) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অ্যালুমিনিয়াম মুক্ত করা যায় না।

(x) অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড রাখা যায়।

(xi) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে জিঙ্ক নিষ্কাশনে বিগালক ব্যবহার করা হয় না কেন?

(xii) সোদক জিঙ্ক ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না।

2. **সমীকরণ সহ কি ঘটে লেখ ঃ**

(i) কপার সালফেট দ্রবণে লোহচূর্ণ মিশ্রিত করা হল।

(ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ধাতব সোডিয়াম দ্বারা উত্তপ্ত করা হল।

(iii) ফেরাস সালফেটকে বায়ুতে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করা হল।

(iv) খাদ্য লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে প্রথমে অ্যামোনিয়া ও পরে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাঠানো হল।

(v) অ্যামোনিয়া গ্যাসে জিঙ্ক উত্তপ্ত করা হল।

(vi) কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্কচূর্ণ যোগ করা হল।

(vii) জিঙ্ক নাইট্রেট উত্তপ্ত করা হল।

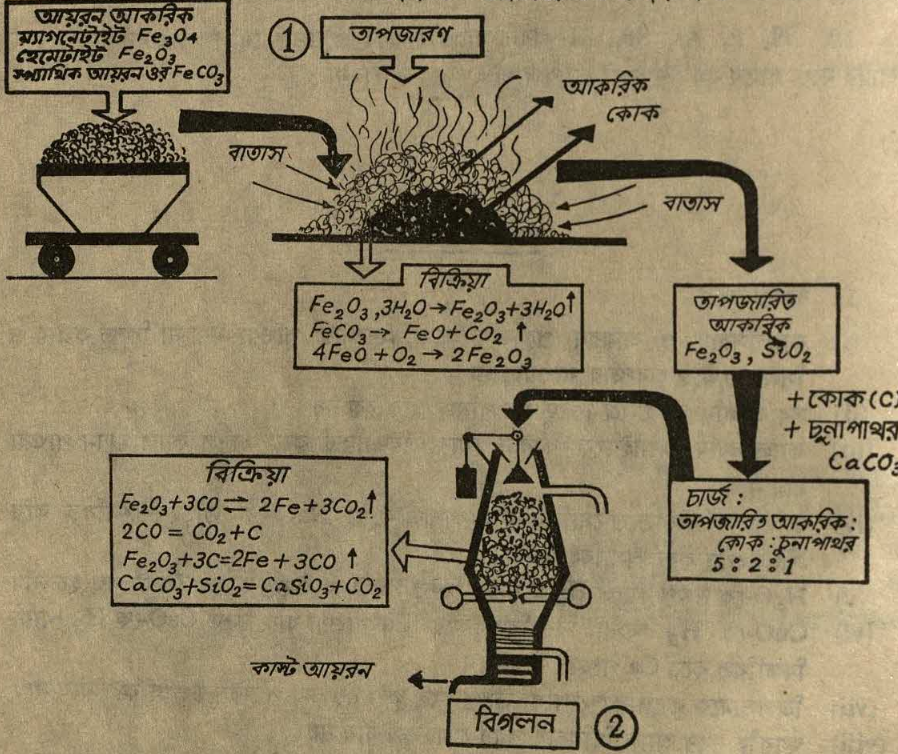
(viii) সোডিয়াম নাইট্রেটের ক্ষারীয় দ্রবণ জিঙ্ক-রজ সহ উত্তপ্ত করা হল।

(ix) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড যোগ করা হল।

(x) শুষ্ক কলিচুনের মধ্য দিয়ে ক্লোরিন প্রবাহিত করা হল।

3. নীচের চিত্রে কাস্ট আয়রন বা ঢালাই লোহা নিষ্কাশনের একটি ছক দেওয়া হল। এই চিত্র দেখে নিষ্কাশন পদ্ধতিটির বর্ণনা দিতে পারবে?

কাস্ট আয়রন নিষ্কাশন



4. আম্লিক ওপেন হার্থ পদ্ধতিতে চুল্লীর দেওয়ালে কিসের আস্তরণ দেওয়া থাকে? ক্ষারকীয় পদ্ধতিতেই বা কিসের আস্তরণ দেওয়া থাকে? এই দুই পদ্ধতিতে অশুদ্ধিগুলি আস্তরণের পদার্থগুলির সঙ্গে বিক্রিয়া করে কিভাবে অপসারিত হয়? বিক্রিয়াগুলি লেখ।

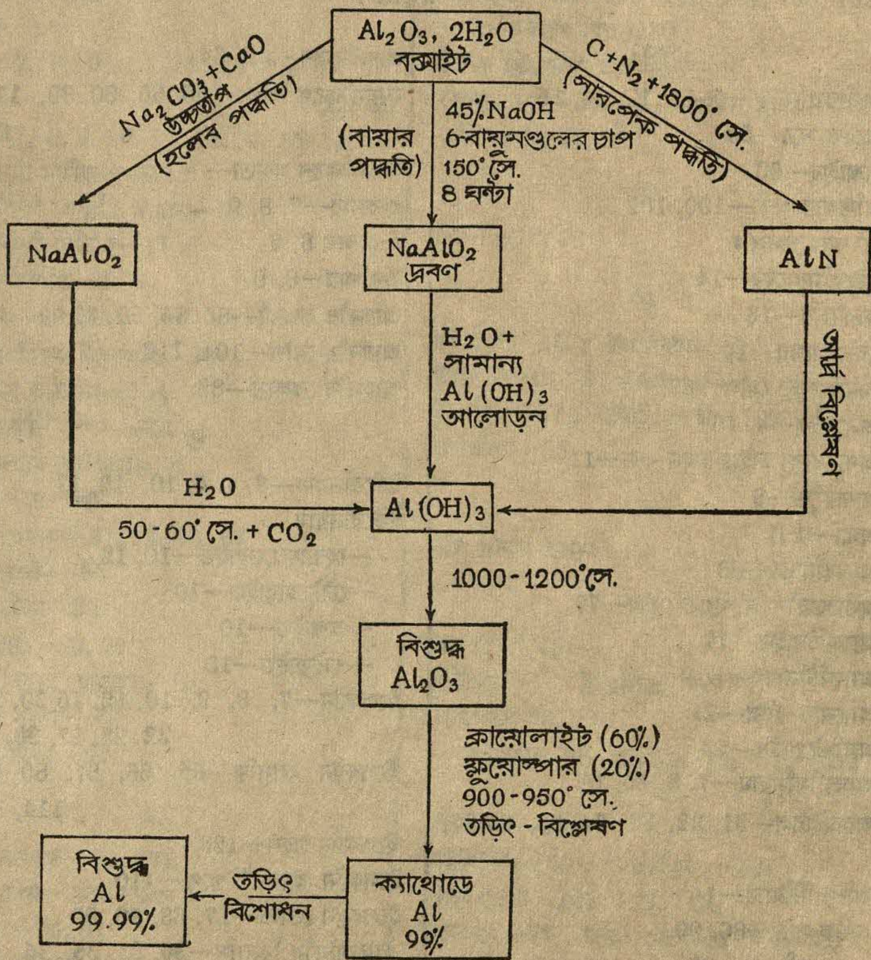
5. ঢালাই লোহা থেকে বেসিমার পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতির সময় দু রকম বেসিমার পদ্ধতির প্রয়োগ করা হয়। পদ্ধতি দুটির নাম লেখ, পদ্ধতি নির্বাচন কিসের উপর নির্ভর করে?

6. কেলনার সলভে-সলভে পদ্ধতিতে ব্রাইন থেকে কস্টিক সোডা উৎপাদন সংক্রান্ত নিম্নলিখিত তথ্যগুলি দাও।

(a) তড়িৎ-দ্বারের প্রকৃতি। (b) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। (c) তড়িৎ-দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়া। (d) কঠিন কস্টিক সোডা সংগ্রহ। (e) উপজাত পদার্থ।

7. পর পৃষ্ঠার চিত্রে বিভিন্ন পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতির মাধ্যমে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের একটি ছক দেওয়া হয়েছে। ছকটি দেখে নিষ্কাশন পদ্ধতিটি বর্ণনা কর।

অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের বিভিন্ন ধাপ (বিভিন্ন পদ্ধতিতে)



8. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের নিম্নলিখিত তথ্যগুলি দাও। (a) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, (b) তড়িৎ-দ্বারের প্রকৃতি, (c) তড়িৎ-দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়া, (d) কার্বন ডাই-অক্সাইডের ভূমিকা, (e) উপজাত পদার্থ।

9. বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাইকার্বনেট কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ইহার ব্যবহার কি? **[H.S. 1986]**

10. মারুত-চুল্লীতে চার্জ হিসেবে কোন কোন পদার্থ কি কি অনুপাতে মেশানো হয়? এই পদার্থগুলির কোনটি কি ভূমিকা পালন করে?

11. (a) কাস্ট আয়রন, রট আয়রন ও ইস্পাতের মধ্যে কার্বনের পরিমাণ কত?
(b) লোহ নিষ্কাশনে মারুত-চুল্লীতে উৎপন্ন প্রধান ধাতুমলের নাম ও সঙ্কেত লিখ।
(c) স্পাইজেল কি? এর কাজ কি?
(d) স্টেইনলেস স্টীলের উপাদানগুলির নাম লিখ।

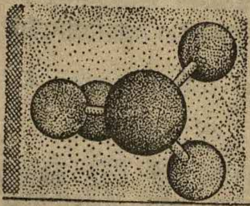
বর্ণানুক্রমিক সূচী

ভৌত রসায়ন

তৃতীয় পর্ব

জৈব রসায়ন

[ORGANIC CHEMISTRY]



জৈব রসায়ন
কার্বনের যোজ্যতা
[VALENCY OF CARBON]

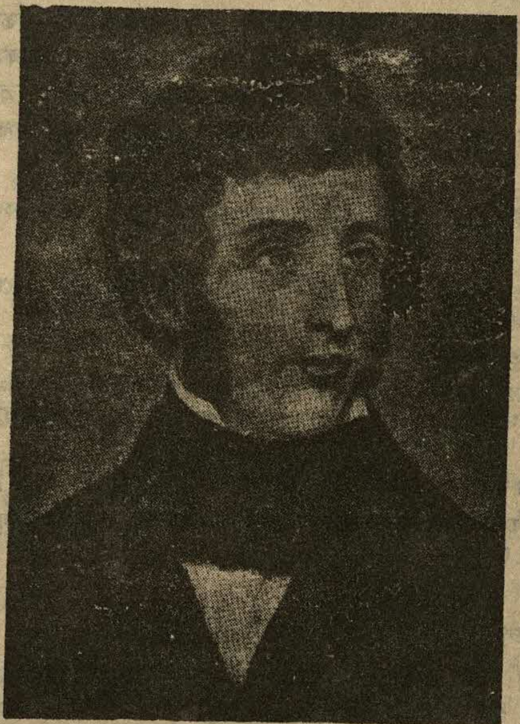
1

Syllabus : Tetrahedral space model of carbon. Chain and ring structures. Saturated and unsaturated compounds. Aliphatic and aromatic compounds.

1.1 সূচনা (Introduction)

প্রায় 20 লক্ষ যৌগ জানা আছে যাদের মধ্যে মৌল কার্বন উপস্থিত। তাছাড়া প্রায় প্রতি বছরই 80 হাজার নতুন কার্বন যৌগ প্রস্তুত করা হয়। তাই কার্বনের যৌগগুলিকে স্বতন্ত্রভাবে আলোচনা করাই সুবিধাজনক। রসায়নের এই শাখাই হল **জৈব রসায়ন**।

প্রাথমিকভাবে যে যৌগগুলি উদ্ভিদ বা প্রাণিজগৎ থেকে পাওয়া যায় সেই যৌগগুলিকেই **জৈব যৌগ** বলা হত। অর্থাৎ এই যৌগগুলি কোন জীবন্ত পদার্থ থেকে পাওয়া যায় (উদ্ভিদ বা প্রাণিদেহের জীবন্ত কোষে এই পদার্থগুলি উৎপন্ন হয়)। এই ধরনের পদার্থ যেমন—চাল, আটা, বার্লি, মদ, দুধ, ঘি ইত্যাদি বহু প্রাচীন কাল থেকেই মানুষের জানা আছে। অপরপক্ষে যে পদার্থগুলি খনিজ বা অজৈব উৎস থেকে পাওয়া যায় তাদের বলা হত অজৈব যৌগ (Inorganic compounds)।



চিত্র **1.1** : ফ্রিডরিখ ভোলার (1800—1882)। পরীক্ষাগারে ইউরিয়া সংশ্লেষণের মাধ্যমে প্রাণশক্তি তত্ত্বের উৎখাত করেন এবং জৈব রসায়নের জয়যাত্রার সূত্রপাত ঘটান।

লাভয়েসিয়ে* তাঁর বিখ্যাত দহন পরীক্ষাগুলি থেকে প্রথম দেখান যে জৈব যৌগগুলির একটি অবশ্য উপাদান হল কার্বন।

1815 খ্রীষ্টাব্দে বার্জেলিয়াস (Berzelius) এই ধারণা ব্যক্ত করেন যে জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্য হল জৈব যৌগগুলির উৎপন্নের জন্য উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে উপস্থিত প্রাণশক্তির (Vital force) প্রয়োজন। যেহেতু এই প্রাণশক্তি প্রকৃতিতে আছে এবং এই শক্তি মানুষের করায়ত্ত নয়, তাই পরীক্ষাগারে জৈব যৌগগুলির প্রস্তুতি সম্ভব নয়।

1828 খ্রীষ্টাব্দে ফ্রিডরিখ ভোলার (Friedrich Woehler) অ্যামোনিয়াম সায়ানেটের জলীয় দ্রবণ বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় শুষ্ক করে ইউরিয়া (কার্বামাইড) প্রস্তুত করেন ঃ

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়াম সায়ানেট}}{NH_4CNO} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{ইউরিয়া}}{H_2N-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2}$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট একটি অজৈব যৌগ। কিন্তু স্তন্যপায়ী জীবের মূত্রে ইউরিয়া পাওয়া যায়, তাই ইউরিয়া একটি জৈব পদার্থ। ভোলার প্রথম একটি অজৈব যৌগ থেকে এইভাবে পরীক্ষাগারে জৈব যৌগ প্রস্তুত করেন। সুতরাং জৈব যৌগ প্রস্তুতির জন্য প্রাণশক্তি অত্যাবশ্যক এই তত্ত্ব ভ্রান্ত বলে প্রতীয়মান হয়। ভোলার প্রাণশক্তি তত্ত্বের ভিত্তিমূলে আঘাত করেন।

কিন্তু প্রাণশক্তি তত্ত্বের কুহেলিকায় আচ্ছন্ন কিছু সংখ্যক বিজ্ঞানী এই যুক্তি দেন যে অ্যামোনিয়া ও সায়ানিক অ্যাসিড যে দুটি যৌগ থেকে ভোলার অ্যামোনিয়াম সায়ানেট প্রস্তুত করেন সেগুলি ভোলার পেয়েছিলেন প্রাণি-উৎস থেকে। তাই ইউরিয়া প্রস্তুতির জন্য প্রাণশক্তির প্রয়োজন হয় নি একথা বলা যায় না। সুতরাং প্রাণশক্তি তত্ত্বের পুরোপুরি উৎখাতের জন্য পরীক্ষাগারে জৈব যৌগের সত্যিকারের প্রকৃত সংশ্লেষণ প্রয়োজনীয় হয়ে পড়ে। 1845 সালে কোলবে (Kolbe) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে তার উপাদান মৌলগুলি কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন থেকে সংশ্লেষিত করেন। ফলে প্রাণশক্তি তত্ত্বের শেষ ভিত্তি ধ্বসে পড়ে, আধুনিক জৈব রসায়নের ভিত্তি গড়ে ওঠে এবং দ্রুত উন্নতি আরম্ভ হয়।

আজকে জৈব ও অজৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্য বস্তুত কৃত্রিম। **কার্বনের অক্সাইড, ধাতব কার্বনেট এবং তৎসম্পর্কিত যৌগ ছাড়া কার্বন যৌগসমূহের রসায়নই হল জৈব রসায়ন।** কার্বন যৌগে কার্বন ছাড়া সাধারণত হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন মৌলগুলির একটি বা একাধিক উপস্থিত থাকে। এছাড়া কোন কোন জৈব যৌগে ফসফরাস, আর্সেনিক এবং কিছু ধাতব মৌলও উপস্থিত থাকে।

প্রশ্ন ঃ 1.1 প্রতিটি জৈব যৌগে কোন্ মৌলটি অবশ্যই উপস্থিত থাকে ? অজৈব যৌগ সম্পর্কে এরকম কথা বলা যায় কি ?

1.2 প্রাথমিক ভাবে কোন্ যৌগগুলিকে জৈব যৌগ বলা হত ? বার্জেলিয়াস জৈব ও অজৈব যৌগের পার্থক্যের জন্য কোন্ তত্ত্ব উপস্থাপনা করেন ?

1.3 জৈব যৌগ কি পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা সম্ভব ?

1.4 কোন্ জৈব যৌগটি পরীক্ষাগারে প্রথম সংশ্লেষিত হয় ? কে কোন্ সালে এই সংশ্লেষণ করেন ? কোন্ অজৈব যৌগ থেকে এই সংশ্লেষণ করা হয় ? এই সংশ্লেষণ প্রাণশক্তি তত্ত্বকে পুরোপুরি উৎখাত করতে পারেনি কেন ?

1.5 উপাদান মৌলগুলি থেকে প্রথম সংশ্লেষিত যৌগটি কি ? কে কোন্ সালে সংশ্লেষণটি করেন ?

1.6 জৈব যৌগগুলি কি অজৈব যৌগগুলির মত রসায়নের সাধারণ নিয়মগুলি যেমন, ভরের নিত্যতা সূত্র, স্থিরানুপাত সূত্র ইত্যাদি মেনে চলে ?

1.7 জৈব যৌগের বর্তমান সংজ্ঞা কি ?

1.2 বহু সংখ্যক জৈব যৌগ উৎপত্তির কারণ

কার্বন—কার্বন সমযোজ্যতা বন্ধনী খুবই শক্তিশালী। অনেকগুলি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা আবদ্ধ হয়ে দীর্ঘ কার্বন শৃঙ্খল উৎপন্ন করতে পারে। কার্বন পরমাণুগুলির নিজেদের মধ্যে যুক্ত হওয়ার এই ধর্মকে কার্বনের ক্যাটিনেশন (Catenation) বলে ঃ

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$$

আবার একই সঙ্কেত দিয়ে একাধিক, অনেক সময় বহু সংখ্যক জৈব যৌগ প্রকাশ করা যায়।

এই যৌগগুলিকে আইসোমার বলে (পরে দেখ)। কার্বনের ক্যাটিনেশন ধর্ম এবং কার্বন যৌগের আইসোমেরিজম ধর্মই সুপ্রচুর সংখ্যক জৈব যৌগের উৎপত্তির কারণ।

1.3 জৈব যৌগ ও অজৈব যৌগের পার্থক্য

জৈব যৌগগুলি মূলত সমযোজী বন্ধনী দিয়ে গঠিত। তাই এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক কম, উদ্বায়িতা বেশী এবং এরা সাধারণত ধ্রুবীয় (polar) দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু অধ্রুবীয় (non-polar) দ্রাবক প্রধানত জৈব দ্রাবক যেমন ইথানল, বেঞ্জিন, ক্লোরোফর্ম, ইথার, ইথাইল অ্যাসিটেট ইত্যাদিতে দ্রবীভূত হয়। বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই এই যৌগগুলি জল (হাইড্রোজেন বন্ধনী উৎপন্ন করলে দ্রবীভূত হয়), অ্যাসিড (ক্ষারকীয় জৈব যৌগ দ্রাব্য), ক্ষারে (আম্লিক জৈব যৌগ দ্রাব্য) অদ্রাব্য।

অজৈব যৌগগুলি সাধারণত আয়নীয় ও অসম যোজ্যতা দ্বারা গঠিত হয় (বহু সমযোজী অজৈব যৌগও অবশ্য জানা আছে)। তাই এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক সাধারণত বেশী হয় এবং এরা জল ও ধ্রুবীয় দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় কিন্তু অধ্রুবীয় দ্রাবক প্রধানত জৈব দ্রাবকে অদ্রাব্য।

জৈব যৌগগুলি দাহ্য প্রকৃতির হয়। সাধারণত কম সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগ অদীপ্ত শিখায় এবং অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগ ও অ্যারোমেটিক যৌগ দীপ্ত বা ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে। অজৈব যৌগগুলি সাধারণত অদাহ্য প্রকৃতির হয়।

জৈব যৌগগুলিতে আইসোমেরিজম ধর্মের সমধিক প্রকাশ ঘটে। এবং এই ধর্ম বহু সংখ্যক জৈব যৌগ উৎপত্তির অন্যতম কারণ। কোন কোন অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে আইসোমেরিজম দেখা গেলেও অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে এই ধর্ম খুবই সীমিত।

জৈব যৌগগুলিকে বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীতে ভাগ করে নিয়ে প্রতিটি সমগণীয় শ্রেণীর একটি করে প্রতিনিধি স্থানীয় সদস্যের প্রস্তুতি ও ধর্ম আলোচনার দ্বারা জৈব যৌগগুলি সম্বন্ধে ধারণা করা সম্ভব। অজৈব যৌগগুলিকে এইভাবে সমগণীয় শ্রেণীতে ভাগ করা সম্ভব নয়।

জৈব যৌগগুলি অনেকক্ষেত্রে পলিমেরিজেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং অনেক জৈব যৌগই পলিমার হিসাবে অবস্থান করে। আমাদের দৈনন্দিন ব্যবহৃত বস্তু সামগ্রীর বেশীর ভাগই যেমন চাল, ময়দা, আলু, কাগজ, জামা-কাপড়, প্ল্যাসটিক সবই জৈব পলিমার। অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে পলিমেরিজেশন বিক্রিয়া খুবই সীমিত।

জৈব বিক্রিয়ায় সমযোজী বন্ধনী অংশগ্রহণ করে, ফলে বিক্রিয়া সাধারণত ধীরে ঘটে। জৈব বিক্রিয়া সাধারণত সম্পূর্ণত ঘটে না এবং মূল বিক্রিয়াজাতের সঙ্গে অনেকক্ষেত্রেই পার্শ্ববিক্রিয়াজাত উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে অজৈব বিক্রিয়া বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই আয়নীয় বিক্রিয়া এবং প্রায়শই দ্রুত এবং সম্পূর্ণত ঘটে।

প্রশ্ন : 1.8 সুপ্রচুর সংখ্যক জৈব যৌগের উৎপত্তির কারণ কি ?

1.9 একটি কঠিন যৌগ জৈব না অজৈব খুব সহজে কি পরীক্ষা করে বুঝবে ?

1.10 জৈব ও অজৈব যৌগগুলির দ্রাব্যতায় সাধারণত পার্থক্য হয় কেন ?

1.11 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি ঠিক কোন্‌টি ভুল ?

(i) জৈব যৌগগুলি সাধারণত উচ্চ গলনাঙ্কসম্পন্ন হয় ;

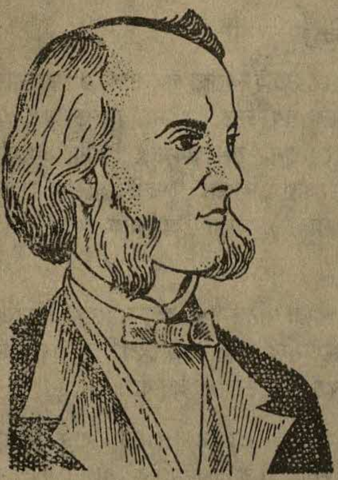
(ii) একটি কাচদণ্ডে কিছুটা জৈব যৌগ নিয়ে বার্নারের শিখায় ধরলে জৈব যৌগটি পুড়ে যায় ;

(iii) অজৈব বিক্রিয়া সাধারণত ধীরে এবং জৈব বিক্রিয়া দ্রুত ঘটে ;

(iv) আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত বেশীর ভাগ পলিমারই জৈব পদার্থ।

1.4 কার্বনের যোজ্যতা (Valency of Carbon)

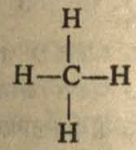
যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব প্রকাশের বহুকাল আগে 1858 সালে জার্মান দেশীয় রসায়নবিদ কেকুলে (Kekulé) এই ধারণা ব্যক্ত করেন যে, সকল জৈব যৌগেই কার্বনের যোজ্যতা 4। কেকুলে একটি যোজ্যতাকে ড্যাস (—) দিয়ে প্রকাশ করেন এবং তাঁর মতে কার্বনের চারটি যোজ্যতা একই তলে পরস্পর 90° কোণে অবস্থান করে (চিত্র 1.3)। কেকুলের ধারণা অনুযায়ী মিথেন (CH_4)-কে চিত্র 1.4-এর মত প্রকাশ করা যায়।



চিত্র 1.2 : কেকুলে (1829—1896)।

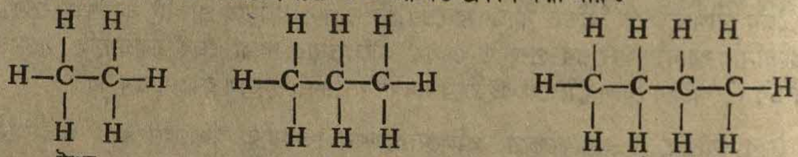


চিত্র 1.3 : কার্বনের চারটি যোজ্যতা (কেকুলে)।



চিত্র 1.4 : মিথেন (কেকুলে)।

কেকুলে এই ধারণাও ব্যক্ত করেন যে কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পর নিজেদের মধ্যে যুক্ত হতে পারে এবং এইভাবে কার্বন পরমাণুগুলি পাশাপাশি শৃঙ্খলাকারে যুক্ত হয়ে জটিল জৈব যৌগ গঠন করে। যেমন, ইথেনে দুটি কার্বন পরমাণু, প্রপেনে তিনটি কার্বন পরমাণু এবং বিউটেনে চারটি কার্বন পরমাণু পাশাপাশি শৃঙ্খলাকারে যুক্ত আছে। কেকুলের ধারণা মত ইথেন, প্রপেন ও বিউটেন চিত্র 1.5-এর মত প্রকাশ করা যায় :



ইথেন প্রপেন বিউটেন

চিত্র 1.5 : ইথেন, প্রপেন, বিউটেন (কেকুলে)।

কেকুলে জৈব অণুর যে গঠন দেন তা দ্বিমাত্রিক, অর্থাৎ কার্বনের যোজ্যতাগুলি একই সমতলে অবস্থান করে। পরবর্তী কালে এই ধারণা পরিবর্তিত হয়।

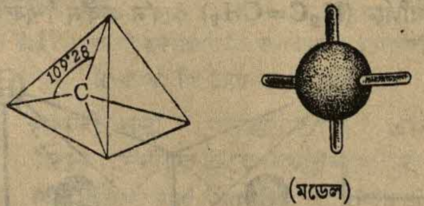
প্রশ্ন : 1.12 জৈব যৌগের গঠন ব্যাখ্যার জন্য কেকুলে কি কি অভিমত ব্যক্ত করেন ?

1.13 কেকুলের ধারণামতে প্রপেনের গঠন আঁক। এই গঠনের ত্রুটি কি ?

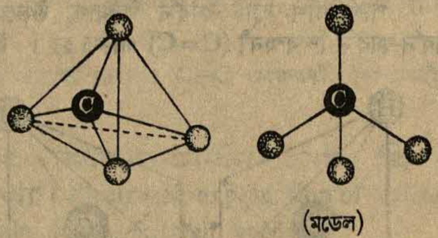
কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেল (Tetrahedral model of Carbon) : 1874 সালে ভ্যান্ট হফ (van't Hoff) এবং লা বেল (Le Bell) স্বতন্ত্রভাবে দেখান যে কার্বনের চারটি যোজ্যতা ত্রিমাত্রিক শূন্যে (three dimensional space) একটি সুষম চতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে নির্দেশিত থাকে—চতুস্তলকের কেন্দ্রে থাকে কার্বন পরমাণু (চিত্র 1.6) অর্থাৎ তাঁরা কার্বনের যোজ্যতার **চতুস্তলকীয় মডেলের** মতবাদ প্রবর্তন করেন। পরবর্তী কালে বিভিন্ন তত্ত্ব এবং ভৌত ও রাসায়নিক পরীক্ষা থেকে এই মতবাদের সত্যতা প্রমাণিত হয়েছে।

তাহলে কার্বনের যোজ্যতা চার এবং এই চারটি যোজ্যতা একই সমতলে অবস্থান করে না। একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে এই চারটি যোজ্যতা প্রসারিত থাকে—চতুস্তলকের কেন্দ্রস্থলে থাকে কার্বন পরমাণু। ত্রিমাত্রিক শূন্যে প্রতিটি যোজ্যতার অবস্থান সুনির্দিষ্ট এবং যোজ্যতাগুলির মধ্যে কৌণিক ব্যবধানও সমান এবং এর মান হল 109°28′। মিথেনে কার্বনের চারটি যোজ্যতাই সমতুল্য (**equivalent**) এবং মিথেনের গঠন হল একটি সুষম চতুস্তলক যার চারটি কৌণিক বিন্দুতে চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং কেন্দ্রস্থলে কার্বন পরমাণু

অবস্থিত (চিত্র 1.7)। মিথেনের চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য এবং মিথেনে প্রতিটি



চিত্র 1.6 : কার্বনের চারটি যোজ্যতার চতুস্তলকীয় প্রকাশ।



চিত্র 1.7 : মিথেনের চতুস্তলকীয় আকৃতি।

H—C—H বন্ধনী কোণের পরিমাণ হল 109°28'। কার্বন যখন চারটি পরমাণুর সঙ্গে চারটি যোজ্যতা দ্বারা যুক্ত হয় তখন উৎপন্ন অণুর জ্যামিতিক আকৃতি হয় চতুস্তলকীয়।

এখানে মনে রাখা প্রয়োজন কাগজ সমতলিক হওয়ায় ত্রিমাত্রিক মডেলকে কাগজে প্রকাশ করা সম্ভব নয়। তাই সমতলিক প্রক্ষেপে এই অণুগুলিকে প্রকাশ করা হয়। চতুস্তলকীয় মিথেনকে সমতলিক প্রক্ষেপে চিত্র 1.8-এর মত প্রকাশ করা হয় :

```
     H
     ⋮
 H — C — H
     ⋮
     H
```

চিত্র 1.8 : মিথেনের সমতলিক প্রক্ষেপে প্রকাশ।

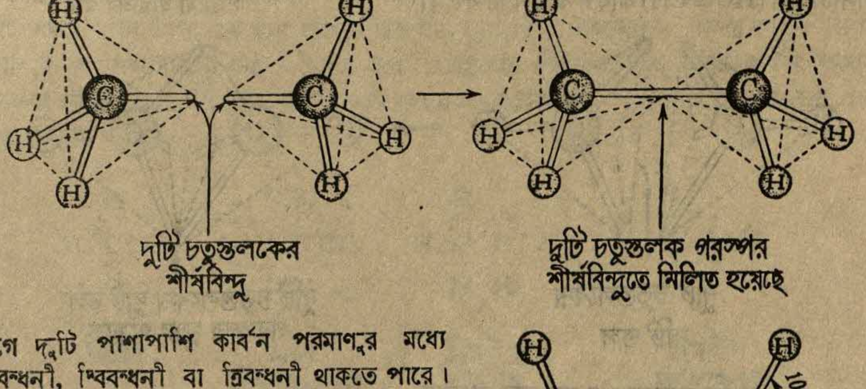
প্রশ্ন : 1.14 কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের প্রবর্তন কে করেন ?

1.15 কার্বনের যোজ্যতা কত ? এই চারটি যোজ্যতা ত্রিমাত্রিক শূন্যে কিভাবে থাকে ? এঁকে দেখাও।

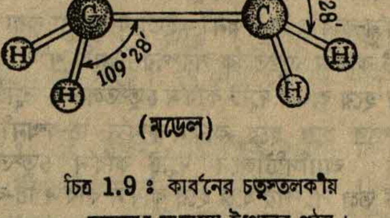
1.16 মিথেনের জ্যামিতিক আকৃতি কিরূপ ? কার্বন চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনীর সাহায্যে চারটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হলে উৎপন্ন অণুর জ্যামিতিক আকৃতি কিরূপ হয় ?

1.5 কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে কার্বন-কার্বন একবন্ধনী, দ্বি-বন্ধনী ও ত্রি-বন্ধনীর ব্যাখ্যা

ভ্যান্ট হফ প্রবর্তিত কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে এই ব্যাখ্যা দেওয়া হল। জৈব



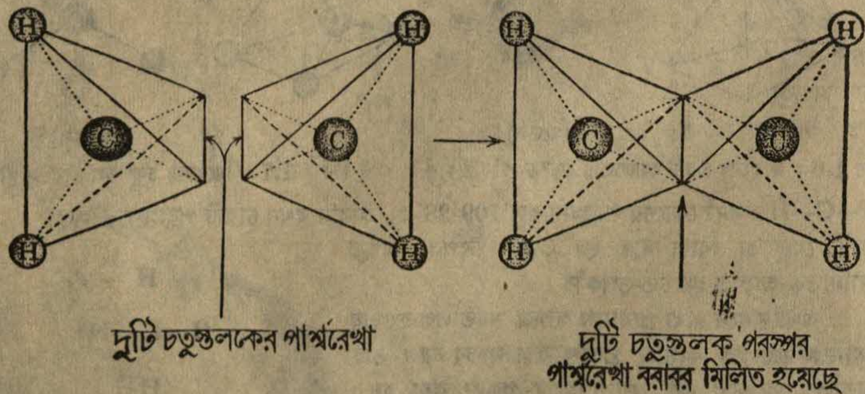
যৌগে দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একবন্ধনী, দ্বিবন্ধনী বা ত্রিবন্ধনী থাকতে পারে। পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণু উভয়ের একটি যোজ্যতার সাহায্যে পরস্পর যুক্ত হয়ে কার্বন-কার্বন একবন্ধনী উৎপন্ন করে। ইথেনে (H_3C-CH_3) কার্বন-কার্বন একবন্ধনী বর্তমান। দুটি কার্বন চতুস্তলক পরস্পর শীর্ষবিন্দুতে যুক্ত হয়ে কার্বন-কার্বন একবন্ধনী (C—C) উৎপন্ন করে এরূপ কল্পনা করা হয়। সুতরাং দুটি কার্বন চতুস্তলকের



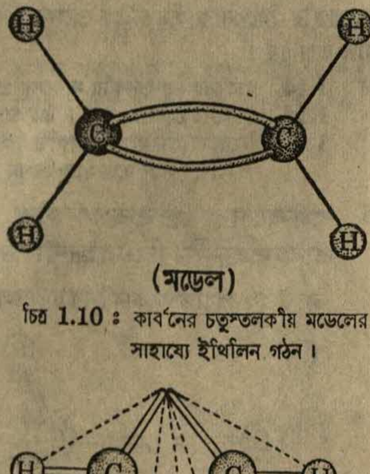
চিত্র 1.9 : কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে ইথেনের গঠন।

দুটি শীর্ষবিন্দু পরস্পর যুক্ত করে ইথেনের ত্রিমাত্রিক গঠন প্রকাশ করা যায়—চতুস্তলক দুটির অপর ছয়টি কৌণিক বিন্দুতে ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে (চিত্র 1.9)।

পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণু উভয়ের দুটি যোজ্যতার সাহায্যে পরস্পর যুক্ত হলে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনী (C=C) গঠিত হয়। **ইথিলিনে** ($H_2C=CH_2$) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনী



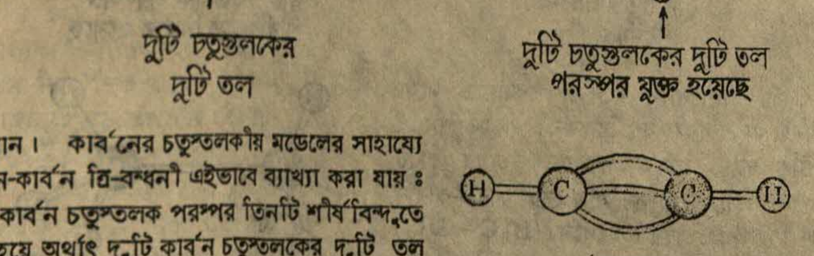
বর্তমান। কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী এইভাবে ব্যাখ্যা করা যায় : দুটি কার্বন চতুস্তলক পরস্পর প্রান্তরেখা বরাবর যুক্ত হয়ে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী উৎপন্ন করে। এইভাবে ইথিলিনের গঠন 1.10 নং চিত্রে দেখানো হল।



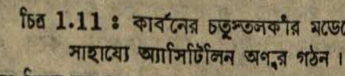
(মডেল)

চিত্র 1.10 : কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে ইথিলিন গঠন।

দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে তিনটি যোজ্যতার মাধ্যমে যুক্ত হয়ে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী (C≡C) গঠন করে। অ্যাসিটিলিনে (HC≡CH) কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী



বর্তমান। কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী এইভাবে ব্যাখ্যা করা যায় : দুটি কার্বন চতুস্তলক পরস্পর তিনটি শীর্ষবিন্দুতে যুক্ত হয়ে অর্থাৎ দুটি কার্বন চতুস্তলকের দুটি তল পরস্পর যুক্ত হয়ে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী গঠন করে। অ্যাসিটিলিনে দুটি কার্বন চতুস্তলকের দুটি তল পরস্পর যুক্ত হয়ে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী গঠন করে। এইভাবে অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন 1.11 নং চিত্রে দেখানো হল।



(মডেল)

চিত্র 1.11 : কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন।

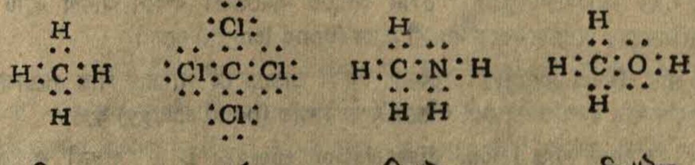
এখানে মনে রাখা প্রয়োজন কার্বনের বন্ধনী সংক্রান্ত এই ব্যাখ্যার এখন মাত্র ঐতিহাসিক গুরুত্বই আছে। চতুস্তলক নিরেট, অণুগুলি এই ধরনের নিরেট কখনই নয়। আধুনিক ব্যাখ্যা পরে দেওয়া হল।

প্রশ্ন 1.17 ভ্যান্ট হফ প্রবর্তিত কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে C—C একবন্ধনী, দ্বি-বন্ধনী ও ত্রি-বন্ধনী কি ভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

1.6 কার্বনের যোজ্যতার এবং কার্বন-কার্বন এক, দ্বি ও ত্রি-বন্ধনীর ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা (Electronic explanation of Valency of Carbon and Carbon – Carbon single, double & triple bonds)

পর্যায়-সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ের কেন্দ্রস্থলে (গ্রুপ IV) কার্বনের অবস্থান। তড়িৎ-ধনাত্মক ও তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলসমূহের মাঝামাঝি অবস্থানের ফলে কার্বনের ধর্মে বিশিষ্টতা দেখা যায়। স্থিতাবস্থায় (ground state) কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হল $1s^2 2s^2 2p^2$ বা $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$। কার্বন সর্ববহিস্থ কক্ষের চারটি ইলেকট্রন বর্জন করে বা চারটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে C^{4+} আয়ন বা C^{4-} আয়ন উৎপন্ন করতে পারে এমন কোন জৈব যৌগ জানা নাই, অর্থাৎ কার্বন তড়িৎযোজী জৈব যৌগ গঠন করতে পারে না। কার্বন পরমাণুর আকার (size) খুবই ছোট হওয়ায় চারটি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করা তার পক্ষে সম্ভব নয়।

অপরপক্ষে, **কার্বন পরমাণুর চতুঃসমযোজ্যতা সম্পন্ন** হওয়া সহজ। একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে অপর চারটি একযোজী পরমাণু বা মূলক যুক্ত হয়ে চারটি সমযোজ্যতা উৎপন্ন করতে পারে। এর ফলে কার্বন পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে নিজের চারটি ইলেকট্রনের সঙ্গে অপর চারটি পরমাণু বা মূলকের থেকে পাওয়া চারটি ইলেকট্রন মিলে চারটি ইলেকট্রন-জোড় উৎপন্ন হয়। এই চারটি ইলেকট্রন-জোড় কার্বন পরমাণু এবং অপর চারটি পরমাণুর মধ্যে পারস্পরিক বণ্টনের ফলে কার্বন পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষের অষ্টক পূর্তি হয়। অর্থাৎ, কার্বন পরমাণু নিকটস্থ বিরল গ্যাস নিয়নের ইলেকট্রনীয় কাঠামো লাভ করে এবং কার্বনের সঙ্গে যুক্ত পরমাণুগুলিও তাদের নিকটস্থ বিরল গ্যাসের ইলেকট্রনীয় কাঠামো লাভ করে। একাধিক যোজ্যতা সম্পন্ন পরমাণুও কার্বনের সঙ্গে এক সমযোজ্যতা উৎপন্ন করতে পারে। এক্ষেত্রে এই পরমাণুটির একটি যোজ্যতা-ইলেকট্রন ও কার্বনের একটি যোজ্যতা-ইলেকট্রনের পারস্পরিক বণ্টনের ফলে এই পরমাণুটি ও কার্বনের মধ্যে একটি সমযোজ্যতা উৎপন্ন হয় এবং পরমাণুটির অন্য যোজ্যতা-ইলেকট্রনগুলি অপর কার্বন বা অন্য পরমাণুর সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী উৎপন্ন করে। এইভাবে কার্বন পরমাণু অপর কার্বন পরমাণুর সঙ্গে এবং হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও হ্যালোজেনের সঙ্গে শক্তিশালী সমযোজ্যতা বন্ধনী উৎপন্ন করতে পারে:

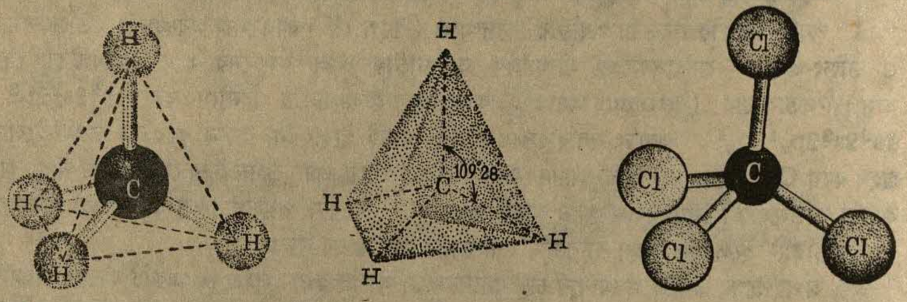


মিথেন কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মিথাইল অ্যামিন মিথাইল অ্যালকোহল

কার্বন অবশ্য অপর কার্বন পরমাণু বা অন্য পরমাণুর সঙ্গে (যেমন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার) দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনীও উৎপন্ন করতে পারে। **যে কোন ক্ষেত্রেই কার্বনের সমযোজ্যতা চার।**

সমযোজ্যতা বন্ধনীর গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হল: এই বন্ধনী ত্রিমাত্রিক শূন্যে নির্দিষ্ট দিক-নির্দেশী এবং এই বন্ধনীর নির্দিষ্ট বন্ধনী দূরত্ব (bond length) ও বন্ধনী শক্তি (bond strength) আছে। কার্বন যখন অপর চারটি পরমাণুর সঙ্গে চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনী উৎপন্ন

করে তখন এই চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনী একটি চতুস্তলকের চারটি কোণের দিকে প্রসারিত থাকে—চতুস্তলকটির কেন্দ্রে থাকে কার্বনের কেন্দ্রীন। যদি চারটি একই ধরনের পরমাণুর সঙ্গে কার্বন চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনী গঠন করে তবে উৎপন্ন অণুটির জ্যামিতিক আকৃতি হয় সুষম চতুস্তলকীয়। যেমন, মিথেন (CH_4), কার্বন টেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) ইত্যাদি অণুগুলির জ্যামিতিক আকৃতি হল সুষম চতুস্তলকীয় এবং এই অণুগুলির ক্ষেত্রে প্রতিটি বন্ধনী কোণের মান সমান এবং এই মান হল 109°28′। মিথেনে প্রতিটি H—C—H বন্ধনী কোণের মান 109°28′, কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে প্রতিটি Cl—C—Cl বন্ধনী কোণের মান 109°28′ (চিত্র 1.12)



চিত্র 1.12 : চতুস্তলকীয় অণু মিথেন ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড।

কার্বনের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনীতে আবদ্ধ পরমাণুগুলি একই ধরনের না হলেও **অণুটির আকৃতি চতুস্তলকীয় হবে, কিন্তু সুষম চতুস্তলকীয় হবে না**। যেমন, মিথাইল ক্লোরাইড (CH_3Cl), ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$) বা ব্রোমোফর্ম ($CHBr_3$)-এর জ্যামিতিক আকৃতি চতুস্তলকীয়, কিন্তু সুষম চতুস্তলকীয় নয়। এই ক্ষেত্রগুলিতে কোন বন্ধনী কোণের পরিমাণ 109°28′ থেকে বেশী হবে, কোনটির পরিমাণ এই মান থেকে কম হবে। মনে রাখতে হবে যে, কোন জৈব অণুতে বা কোন জৈব অণুর অংশে যদি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে চারটি পরমাণু চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনীর দ্বারা যুক্ত থাকে তবে জৈব অণুটি বা জৈব অণুর অংশটির জ্যামিতিক আকৃতি চতুস্তলকীয় হবে।

ইথেনে দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি ইলেকট্রন-জোড় থাকে অর্থাৎ, ইথেনে কার্বন-কার্বন একবন্ধনী বর্তমান। এই কার্বন-কার্বন একবন্ধনীর দূরত্ব 1·54 A ($1A = 10^{-8}$ cm) বা 0·154 nm [nm = nanometer (ন্যানোমিটার)] এবং বন্ধনী শক্তি 83 কি. ক্যালোরি/মোল।

বন্ধনী দূরত্ব (Bond length) : কোন অণুতে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ দুটি নির্দিষ্ট পরমাণুর কেন্দ্রীনদ্বয়ের মধ্যে দূরত্বকে **বন্ধনী দূরত্ব** (bond length) বলে।

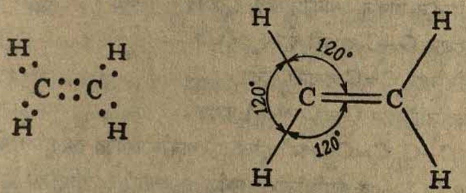
বন্ধনী শক্তি (Bond energy) : কোন বন্ধনী ভাঙ্গতে যে পরিমাণ শক্তি প্রয়োজন হয় বা গড়তে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয় সেই শক্তিকে **বন্ধনী শক্তি** (bond energy) বলে।

[**বন্ধনী বিযোজন শক্তি (Bond dissociation energy, D)** ও বন্ধনী শক্তির (bond energy) মধ্যে পার্থক্য আছে। এ সম্বন্ধে পরে জানবে।]

কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী ও ইথিলিন (Carbon-carbon double bond and Ethylene) :

জৈব যৌগ গঠনকালে এমন হতে পারে যে পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণু দুটি সমযোজ্যতা বন্ধনীর সাহায্যে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়। অর্থাৎ, পাশাপাশি দুটি কার্বনের পরমাণুর মধ্যে দুটি ইলেকট্রন-জোড় থাকে। এই দুই জোড় বা চারটি ইলেকট্রনের মধ্যে দুটি করে ইলেকট্রন উভয় কার্বন পরমাণুই দেয় এবং এই দুই জোড় ইলেকট্রনের কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যে পারস্পরিক

বন্টনের ফলে একটি দ্বি-বন্ধনী গঠিত হয়। এই দ্বি-বন্ধনীকে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী (C = C) বলে। ইথিলিনে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী বর্তমান (চিত্র 1.13) :

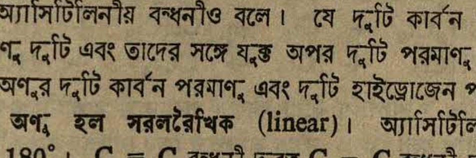


চিত্র 1.13 : ইথিলিন : ইলেকট্রনীয় গঠন ও জ্যামিতিক আকৃতি।

এই বন্ধনীকে ইথিলিনীয় বন্ধনী (ethylenic bond)-ও বলে। যে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বি-বন্ধনী থাকে সেই কার্বন পরমাণু দুটি এবং তাদের সঙ্গে যুক্ত অপর চারটি পরমাণু সর্বদা একই সমতলে অবস্থান করে। যেমন, ইথিলিন অণুর দুটি কার্বন পরমাণু এবং চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে থাকে। **ইথিলিন অণুর আকৃতি হল সমতলীয়** (planar)। ইথিলিন অণুতে প্রতিটি বন্ধনী কোণের পরিমাণ সমান এবং এই মান হল 120°। অর্থাৎ, ইথিলিনে H—C—H ও H—C=C বন্ধনী কোণের মান 120° [পরীক্ষালব্ধ মান এই মান থেকে সামান্য করে পৃথক—কার্বনের সঙ্গে যুক্ত তিনটি পরমাণু একই না হওয়ায় (দুটি H ও একটি C) মানের এই পার্থক্য হয়]। কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী দূরত্ব কার্বন-কার্বন একবন্ধনী দূরত্ব থেকে কম হয়। ইথিলিনে এই দূরত্ব হল 1·34 A বা 0·134 nm। C = C বন্ধনী শক্তি হল 145.8 কি. ক্যালোরি/মোল।

কার্বন-কার্বন ত্রি বন্ধনী ও অ্যাসিটিলিন (Carbon-carbon triple bond and Acetylene) :

আবার কোন জৈব যৌগ গঠনকালে এমন হতে পারে যে দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে তিনটি সমযোজ্যতা দ্বারা যুক্ত হয় অর্থাৎ, দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর মধ্যে তিনটি ইলেকট্রন-জোড় থাকে। এই তিন জোড় অর্থাৎ ছয়টি ইলেকট্রনের তিনটি করে ইলেকট্রন উভয় কার্বন পরমাণুই দেয় এবং এই তিন জোড় ইলেকট্রনের দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে পারস্পরিক বন্টনের ফলে ত্রি-বন্ধনী গঠিত হয়। এই ত্রি-বন্ধনীকে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী (C ≡ C) বলে। যেমন, অ্যাসিটিলিনে কার্বন-কার্বন ত্রি-বন্ধনী বর্তমান (চিত্র 1.14) :



চিত্র 1.14 : অ্যাসিটিলিন : ইলেকট্রনীয় গঠন ও জ্যামিতিক আকৃতি।

এই বন্ধনীকে অ্যাসিটিলিনীয় বন্ধনীও বলে। যে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে ত্রিবন্ধনী থাকে সেই কার্বন পরমাণু দুটি এবং তাদের সঙ্গে যুক্ত অপর দুটি পরমাণু সর্বদা একই সরলরেখায় থাকে। অ্যাসিটিলিন অণুর দুটি কার্বন পরমাণু এবং দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সরলরেখায় থাকে। **অ্যাসিটিলিন অণু হল সরলরৈখিক** (linear)। অ্যাসিটিলিনে H—C ≡ C এই বন্ধনী কোণের মান হল 180°। C ≡ C বন্ধনী দূরত্ব C = C বন্ধনী দূরত্ব থেকেও কম হয়। অ্যাসিটিলিনে C ≡ C বন্ধনী দূরত্ব হল 1·20 A বা 0·120 nm। C ≡ C বন্ধনী শক্তির মান হল 199·6 কি. ক্যালোরি/মোল।

প্রশ্ন : 1.18 মিথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন অণুগুলির জ্যামিতিক আকৃতি কিরূপ ? এঁকে দেখাও।

1.19 নিম্নের বন্ধনী কোণগুলির মান কত ?

(i) মিথেনে H—C—H বন্ধনী কোণ,

(ii) ইথিলিনে H—C—H এবং H—C=C বন্ধনী কোণ,

(iii) অ্যাসিটিলিনে H—C≡C বন্ধনী কোণ।

1.20 নিম্নের কার্বন-কার্বন বন্ধনীগুলির দূরত্বের মান কত ?

(i) ইথেনে C—C বন্ধনী দূরত্ব,

(ii) ইথিলিনে C=C বন্ধনী দূরত্ব,

(iii) অ্যাসিটিলিনে C≡C বন্ধনী দূরত্ব।

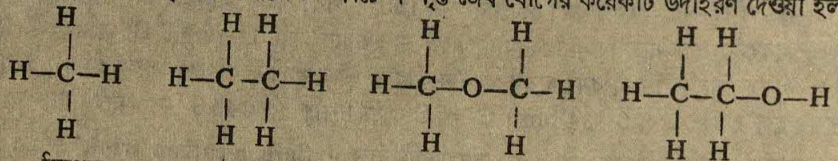
1.21 C≡C, C—C, C=C বন্ধনীগুলিকে বন্ধনী দৈর্ঘ্যের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সাজাও।

1.22 মিথেন ও CCl_4-এর জ্যামিতিক আকৃতি ও বন্ধনী কোণগুলির মানের কোন পার্থক্য আছে কি ? এঁকে দেখাও ও বন্ধনী কোণগুলির মান লেখ।

1.23 CCl_4 ও $CHCl_3$-এর জ্যামিতিক আকৃতিতে কোন পার্থক্য আছে কি ? $CHCl_3$-এর বন্ধনী কোণগুলির মান কি অভিন্ন ?

1.7 সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগ (Saturated and unsaturated compounds)

যে সব জৈব যৌগে শুধু এক সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা অণুস্থিত কার্বন পরমাণুরা পরস্পর যুক্ত থাকে তাদের **সম্পৃক্ত যৌগ বলে**। নীচে সম্পৃক্ত জৈব যৌগের কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল ঃ

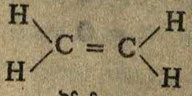


মিথেন ইথেন ডাইমিথাইল ইথার ইথানল

শুধুমাত্র কার্বন ও হাইড্রোজেন সমন্বয়ে গঠিত যে সব জৈব যৌগে অণুস্থিত পরমাণুরা পরস্পর এক সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে তাদের সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলে। মিথেন, ইথেন, প্রপেন, বিউটেন, আইসোবিউটেন ইত্যাদি সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের উদাহরণ। সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে যেহেতু কার্বনের সবগুলি যোজ্যতাই এক বন্ধনী দিয়ে তৃপ্ত থাকে, তাই কোন পরমাণু বা গ্রুপ কার্বন পরমাণুতে সরাসরি যুক্ত হতে পারে না অর্থাৎ এই যৌগগুলি যুত বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করতে পারে না। অপরপক্ষে, কোন বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে সরিয়ে দিয়ে অন্য কোন পরমাণু বা গ্রুপ সেই স্থান দখল করতে পারে। অর্থাৎ এই যৌগগুলি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করতে পারে। **সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution reaction)**। যেমন, বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় মিথেনের হাইড্রোজেন পরমাণু একে একে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ঃ

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$$

যে সব জৈব যৌগে পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিবন্ধনী বা ত্রিবন্ধনী থাকে তাদের **অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ** বলা হয়। নীচে **অসম্পৃক্ত** জৈব যৌগের কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল ঃ



ইথিলিন

$H—C \equiv C—H$

অ্যাসিটিলিন

$CH_2 = CH—CH_2OH$

অ্যালাইল অ্যালকোহল

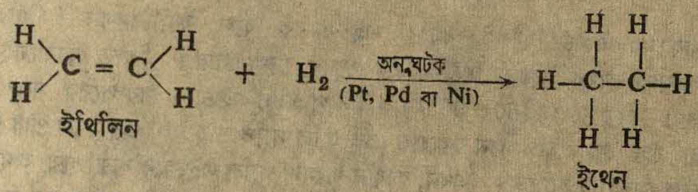
$CH_2 = CH-CHO$

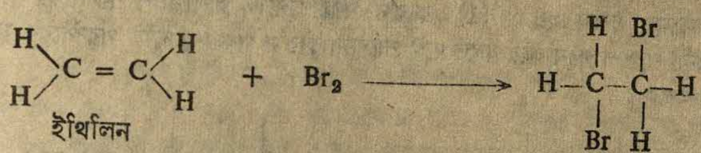
প্রপিন্যাল (অ্যাক্রালডিহাইড)

$CH_2 = CHCOOH$

প্রপিনোয়িক অ্যাসিড (অ্যাক্রাইলিক অ্যাসিড)

কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত যে সব জৈব যৌগে দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বিবন্ধনী (দুটি C পরমাণু চারটি ইলেকট্রন পরস্পর বণ্টন করে নেয়—দুটি করে ইলেকট্রন উভয় C পরমাণু দেয়) বা ত্রিবন্ধনী (দুটি C পরমাণু ছয়টি ইলেকট্রন পরস্পর বণ্টন করে নেয়—3টি করে ইলেকট্রন উভয় C পরমাণু দেয়) থাকে তাদের **অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বলে**। ইথিলিন, প্রপিলিন ($CH_3CH = CH_2$), অ্যাসিটিলিন, মিথাইল অ্যাসিটিলিন ($CH_3C \equiv CH$) ইত্যাদি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের উদাহরণ। আবার একই যৌগে একাধিক দ্বিবন্ধনী ও ত্রিবন্ধনী থাকতে পারে বা একই যৌগে দ্বিবন্ধনী ও ত্রিবন্ধনী উভয়েই থাকতে পারে। কার্বন-কার্বন একবন্ধনী খুবই শক্তিশালী এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই বন্ধনী সহজে ভাঙ্গা যায় না। কিন্তু কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনী দুর্বল এবং ত্রিবন্ধনী আরও দুর্বল হওয়ায় (যদিও সামগ্রিকভাবে দ্বিবন্ধনী একবন্ধনীর থেকে এবং ত্রিবন্ধনী দ্বিবন্ধনীর থেকে শক্তিশালী) এই বন্ধনী সম্পন্ন যৌগগুলি কম স্থায়িত্ব সম্পন্ন হয় এবং সহজেই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে কার্বন-কার্বন একবন্ধনীযুক্ত সুস্থিত যৌগে পরিণত হয়। ফলে অসম্পৃক্ত যৌগগুলির মুখ্য বিক্রিয়া হল **যুত বিক্রিয়া (Addition reaction)** :





1, 2-ডাইব্রোমোইথেন

কয়েকটি সাধারণ অসম্পৃক্ত গ্রুপ হল :

1. কার্বনিল : $>C = O$ এই গ্রুপটি অ্যালডিহাইড ও কিটোনে উপস্থিত থাকে।

যেমন,

$CH_3-C(=O)-H$ ইথান্যাল (অ্যাসিট্যালডিহাইড)

$CH_3-C(=O)-CH_3$ প্রপানোন (অ্যাসিটোন)

2. কার্বক্সিলিক অ্যাসিড গ্রুপ : $-C(=O)-O-H$

উদাহরণ : $CH_3-C(=O)-O-H$ ইথানোয়িক অ্যাসিড (অ্যাসিটিক অ্যাসিড)

3. নাইট্রাইল : $-C \equiv N$

উদাহরণ : $CH_3C \equiv N$ ইথানোনাইট্রাইল (মিথাইল সায়ানাইড)

অসম্পৃক্ত গ্রুপও যুত বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। এখানে একটি কথা মনে রাখা দরকার কোন যৌগে অসম্পৃক্ত গ্রুপ থাকলেও C = C বা C ≡ C না থাকলে যৌগটিকে অসম্পৃক্ত যৌগ বলা হয় না।

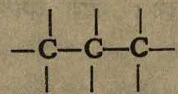
প্রশ্ন ঃ 1.24 সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত যৌগের দুটি করে উদাহরণ দাও।

1.25 সম্পৃক্ত যৌগের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া কি ? একটি উদাহরণ দাও।

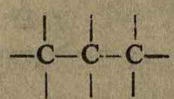
1.26 অসম্পৃক্ত যৌগের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া কি ? একটি উদাহরণ দাও।

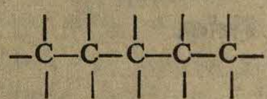
1.8 কার্বন যৌগের শৃঙ্খল ও বলয় বা বৃত্তাকার গঠন
(Chain and Ring Structures)

কার্বন পরমাণুসমূহ পরস্পরের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হতে পারে ঃ

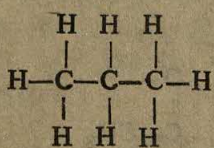


এই ধর্ম কার্বনের একটি বিশিষ্ট ধর্ম। এই ধর্মকে বলে **ক্যাটিনেশন** (Catenation)। কার্বন ছাড়াও অপর কয়েকটি মৌলে এই ধর্মের প্রকাশ দেখা যায়। কিন্তু কার্বনেই এই ধর্মের সমধিক প্রকাশ। বহু সংখ্যক (80 --90টি) কার্বন পরমাণু এইভাবে পরস্পরের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলেও যৌগগুলি সুস্থিত হয়। এর ফলে প্রায় অসংখ্য জৈব যৌগের অস্তিত্ব সম্ভবপর হয়েছে। এখন, কার্বন পরমাণুগুলি এইভাবে যুক্ত হয়ে অণু গঠনকালে দুধরনের গঠনের উদ্ভব হয় ঃ (1) কার্বন পরমাণুগুলি পাশাপাশি পরস্পরের সঙ্গে এমনভাবে যুক্ত হয়ে একটি শৃঙ্খল গঠন করে যাতে দুই প্রান্তের কার্বন পরমাণু দুটি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত না হয়ে বিচ্ছিন্ন থাকে ঃ

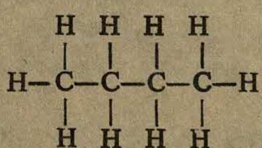




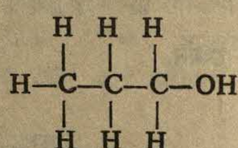
কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হতে কার্বনের যে কয়টি যোজ্যতা ব্যবহৃত হয় তা বাদে অন্য যোজকগুলি অন্য পরমাণু বা মূলকের সঙ্গে যুক্ত হয়। যেমন,



প্রপেন

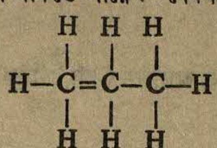


n-বিউটেন

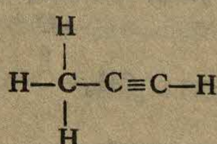


n-প্রপাইল অ্যালকোহল

এইভাবে গঠিত জৈব যৌগকে **মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ বা সারবন্দী** **(Open chain compounds)** যৌগ বলে। এখানে মনে রাখা দরকার, মুক্ত শৃঙ্খল যৌগে পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বি বা ত্রি-বন্ধনী থাকতে পারে। যেমন,

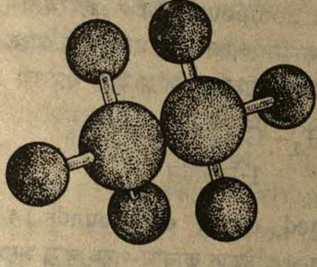


প্রপিলিন

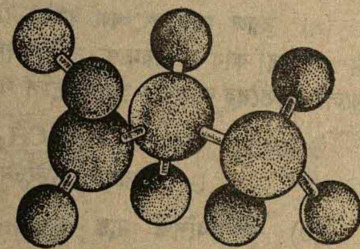


মিথাইল অ্যাসিটিলিন

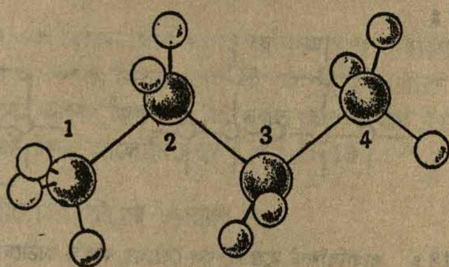
মুক্ত শৃঙ্খল জৈব যৌগের গঠন লেখার সময় কার্বন পরমাণুগুলিকে একই সরলরেখায় দেখানো হলেও প্রকৃতপক্ষে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই তারা একই সরলরেখায় থাকে না। ইথেন, প্রপেন ও বিউটেনের মডেল দেখ (চিত্র 1.15, 1.16 এবং 1.17) ঃ



চিত্র 1.15 ঃ ইথেন ঃ C-পরমাণু দুটি একই সরলরেখায় আছে।



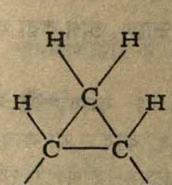
চিত্র 1.16 ঃ প্রপেন ঃ C-পরমাণুগুলি একই সরলরেখায় নাই।



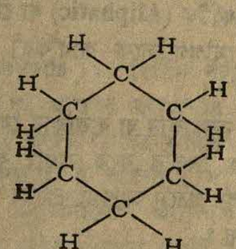
চিত্র 1.17 ঃ বিউটেন ঃ C-পরমাণুগুলি একই সরলরেখায় নাই।

দুটি কার্বন পরমাণু সর্বদা একই সরলরেখায় থাকে। কিন্তু তিনটি বা তার অধিক সংখ্যক পরস্পর এক সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ কার্বন পরমাণুগুলি একই সরলরেখায় থাকে না। পাশাপাশি তিনটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে বন্ধনী কোণ (C—C—C বন্ধনী কোণ) চতুস্তলকীয় বন্ধনী কোণ অর্থাৎ 109° 28′-এর কাছাকাছি হয়।

(2) কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পর যুক্ত হওয়ার সময় একটি **বলয়াকার বা বৃত্তাকার** অণু গঠন করে। অর্থাৎ, অণুর কোন কার্বন পরমাণুই বিচ্ছিন্ন থাকে না এবং প্রতিটি কার্বন পরমাণুই বলয়স্থিত অপর দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে। যেমন,



সাইক্লোপ্রোপেন



সাইক্লোহেক্সেন

এইভাবে গঠিত জৈব যৌগকে **বলয়াকার যৌগ** বা **বৃত্তাকার যৌগ** বলে। বৃত্তাকার যৌগেও দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণু দ্বি বা ত্রি-বন্ধনীর সাহায্যে যুক্ত হতে পারে।

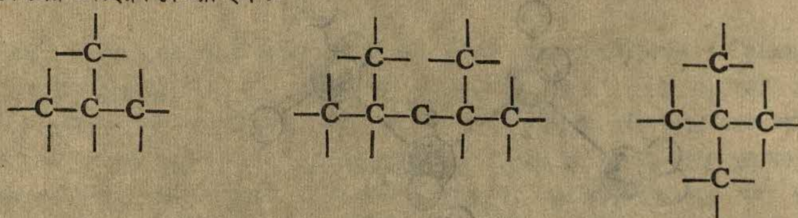
সুতরাং যদিও অসংখ্য জৈব যৌগ উৎপন্ন হতে পারে, গাঠনিক দিক থেকে জৈব যৌগসমূহকে দুটি বিশদ ভাগে ভাগ করা যায় (তালিকা—1.1) ঃ

(1) **মুক্ত শৃঙ্খল বা সারবন্দী যৌগ** (Open chain compounds) : মুক্ত শৃঙ্খল যৌগগুলিতে কার্বন পরমাণুগুলি নিজেদের মধ্যে দু'ভাবে যুক্ত থাকতে পারে এবং এই যৌগগুলিকে দু'ভাগে ভাগ করা যায় :

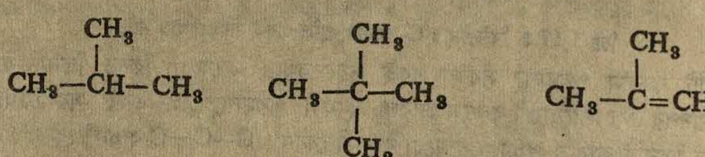
(a) **সরল মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ** (Straight chain compounds) : এই যৌগগুলির গঠনে প্রান্তের কার্বন পরমাণু দুটি পাশের একটি মাত্র কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং শৃঙ্খলের ভিতরের কার্বন পরমাণুগুলি পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে।

উদাহরণ : $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ (নরমাল-বিউটেন) $CH_3—CH_2—CH=CH_2$ (1-বিউটিন)

(b) **শাখাবিশিষ্ট মুক্ত শৃঙ্খল যৌগ** (Branched chain compounds) : এই যৌগগুলির গঠনে প্রান্তের কার্বন পরমাণুগুলি পাশের একটিমাত্র কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং শৃঙ্খলের ভিতরের অন্তত একটি কার্বন পরমাণু অন্তত তিনটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে। 1.18নং চিত্রে এইরূপ যৌগের কার্বন-কাঠামো এবং 1.19নং চিত্রে এইরূপ যৌগের উদাহরণ দেওয়া হল :



চিত্র 1.18 : শাখাবিশিষ্ট মুক্ত শৃঙ্খল যৌগের কার্বন কাঠামো।



আইসোবিউটেন নিওপেনটেন আইসোবিউটিলিন

চিত্র 1.19 : শাখাবিশিষ্ট মুক্ত শৃঙ্খল যৌগের উদাহরণ।

মুক্ত শৃঙ্খল যৌগগুলির মধ্যে প্রথম স্নেহজ অ্যাসিড (Fatty acid) আলোচিত হয় বলে এদের **অ্যালিফেটিক** (Aliphatic) বা **স্নেহজ** যৌগ বলা হয় (গ্রীক শব্দ 'অ্যালিফস' মানে স্নেহ)। মুক্ত শৃঙ্খল যৌগগুলিকে কার্যকরী গ্রুপের ভিত্তিতে বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা যায় (দ্বিতীয় অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

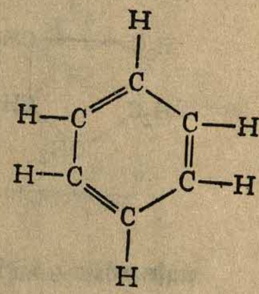
(2) **বলয়াকার বা বৃত্তাকার যৌগ** (Cyclic compounds) : বলয়স্থিত পরমাণুগুলির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে অর্থাৎ বলয়স্থিত পরমাণুগুলি শুধু কার্বন না কার্বন ছাড়া অন্য পরমাণুও বলয় গঠনে অংশগ্রহণকারী তার উপর নির্ভর করে বৃত্তাকার যৌগগুলিকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায় :

(a) **সমচক্র যৌগ** (Homocyclic compounds) : এইরূপ যৌগে বলয়স্থিত সমস্ত পরমাণুই কার্বন। এদের আবার দু ভাগে ভাগ করা যায় :

(i) **অ্যারোমেটিক যৌগ** (Aromatic compounds) : প্রথম দিকে বিশিষ্ট সুগন্ধযুক্ত অনেক জৈব যৌগকে **অ্যারোমেটিক** যৌগ (ল্যাটিন অ্যারোমা, Aroma = সুগন্ধ) বলা হত। কিন্তু শুধু ভৌত ধর্মের ভিত্তিতে এই শ্রেণীবিভাগের পরিবর্তে পরবর্তী পর্যায়ে গাঠনিক দিক থেকে জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ করা হয়। এই শ্রেণীবিভাগ অনুসারে যে সকল জৈব যৌগের

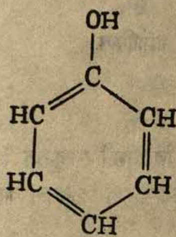
গঠনে অন্তত একটি বেঞ্জিন বলয় থাকে সাধারণত তাদের অ্যারোমেটিক যৌগ* বলা হয়। 1.20নং চিত্রে বেঞ্জিনের গঠন দেখানো হল (পৃঃ 18-19 দ্রষ্টব্য)।

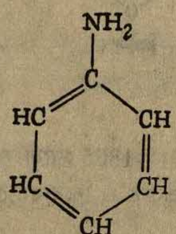
বেঞ্জিন বলয়যুক্ত অ্যারোমেটিক যৌগগুলিকে বেঞ্জিনয়েড অ্যারোমেটিক যৌগ (benzenoid aromatic compounds) বলা হয়। বেঞ্জিনকে এই অ্যারোমেটিক যৌগসমূহের মূল হিসাবে চিহ্নিত করা যায় এবং সাধারণত বলা যায় বেঞ্জিনই এই সমস্ত অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের ভিত্তি। সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগগুলিকে বিভিন্ন রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বেঞ্জিনে পরিবর্তিত করা যায় বা বেঞ্জিন থেকে সংশ্লেষিত করা যায়। (কোন যৌগকে বেঞ্জিনে পরিবর্তিত করতে পারলেই যৌগটি অ্যারোমেটিক হবে এমন কথা নাই। অ্যাসিটিলিনকে বেঞ্জিনে পরিবর্তিত করা যায়, কিন্তু অ্যাসিটিলিন অ্যারোমেটিক নয়)।

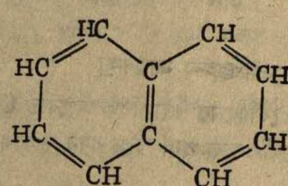

চিত্র 1.20 : বেঞ্জিন।

তাহলে বেঞ্জিন এবং বেঞ্জিন থেকে সঞ্জাত যৌগসমূহকে সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয়। এই যৌগগুলি অসম্পৃক্ত, কিন্তু এদের এই অসম্পৃক্তি সাধারণ ইথিলিনীয় অসম্পৃক্তি থেকে ভিন্ন এবং বিশেষ ধরনের অসম্পৃক্তির জন্য এই সকল যৌগের ধর্মে বিশিষ্টতা দেখা যায়। বেঞ্জিন বলয়ের গঠন প্রসঙ্গে এই বিষয় আলোচিত হল (পৃঃ 18-19)।

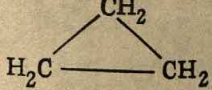
কয়েকটি অ্যারোমেটিক যৌগের উদাহরণ হল ঃ


ফিনল


অ্যানিলিন


ন্যাপথ্যালিন

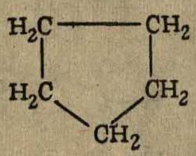
(ii) **অ্যালিসাইক্লিক যৌগ** (Alicyclic compounds) ঃ বেঞ্জিন বলয় বর্জিত এবং বেঞ্জিন বলয়ের বিশিষ্ট ধর্ম বর্জিত বলয়াকার যৌগ যাদের বলয়স্থিত সকল পরমাণুই কার্বন তাদের **অ্যালিসাইক্লিক যৌগ** বলে। এই যৌগগুলি সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত দু'ধরনেরই হতে পারে এবং এদের ধর্ম অনেকাংশেই অ্যালিফেটিক যৌগের ধর্মের অনুরূপ। যেমন, সাইক্লোপ্রপেন একটি অ্যালিসাইক্লিক যৌগ।

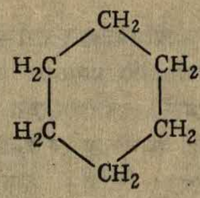

সাইক্লোপ্রোপেন

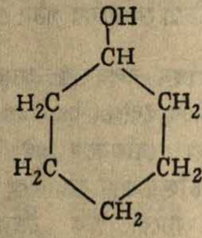
---

* বর্তমানে অ্যারোমেটিক যৌগের সংজ্ঞা অনুসারে অ্যারোমেটিক যৌগে বেঞ্জিন বলয়ের উপস্থিতি অপরিহার্য নয়। অ্যারোমেটিক যৌগ বেঞ্জিন বলয় বিহীনও হতে পারে। বিশেষ ধরনের ইলেকট্রনীয় কাঠামোই অ্যারোমেটিক যৌগের কারণ। এ সম্বন্ধে বিস্তারিত পরে জানবে।

অ্যালিসাইক্লিক যৌগের আরও কয়েকটি উদাহরণ ঃ


সাইক্লোপেনটেন

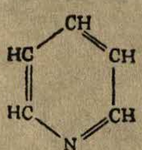

সাইক্লোহেক্সেন

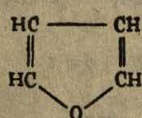

সাইক্লোহেক্সানল

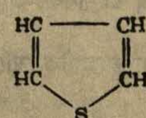
অ্যালিফেটিক ও **সাইক্লিক** থেকে নাম হয়েছে **অ্যালিসাইক্লিক**।

(b) **অসমচক্র যৌগ** (Heterocyclic compounds) ঃ এইরূপ বলয়াকার যৌগের বলয়ে কার্বন ছাড়া এক বা একাধিক অন্য কোন মৌলের যেমন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সালফারের পরমাণু থাকে। এই যৌগগুলির ধর্ম সাধারণত অ্যারোমেটিক যৌগের ধর্মের অনুরূপ হয়।

উদাহরণ ঃ

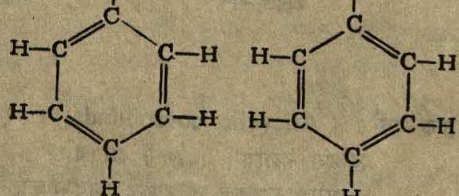

পিরিডিন


ফিউরান


থায়োফিন

1.9 বেঞ্জিন বলয়

বেঞ্জিনের আণবিক সংকেত C_6H_6। 1865 সালে জার্মান বিজ্ঞানী কেকুলে (**Kekule**) প্রথম বেঞ্জিনকে পর্যায়ক্রমে কার্বন-কার্বন একবন্ধ ও দ্বিবন্ধযুক্ত ষড়ভুজরূপে প্রকাশ করেন—অর্থাৎ

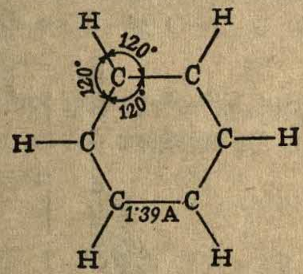


চিত্র 1.21 বেঞ্জিনের কেকুলে প্রবর্তিত গঠন-সংকেত।

বেঞ্জিনের গঠন হল একটি ষড়ভুজ যার ছয়টি কৌণিক বিন্দুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু আছে এবং প্রতিটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি করে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত আছে ; এর ফলে প্রতিটি কার্বনের তিনটি যোজ্যতা ব্যবহৃত হয়, এখন পর্যায়ক্রমে কার্বন পরমাণুগুলি একবন্ধ ও দ্বিবন্ধ দ্বারা যুক্ত হলে প্রতিটি কার্বন পরমাণুই সমচতুঃযোজ্যতা সম্পন্ন হয় (চিত্র 1.21)।

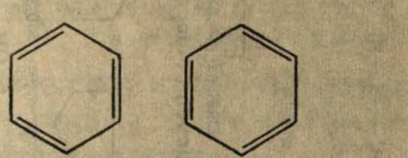
বেঞ্জিনের অসম্পৃক্তি সাধারণ ইথিলিনীয় অসম্পৃক্তি থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন এবং এই ভিন্নতার জন্য বেঞ্জিনে এবং বেঞ্জিন থেকে সঞ্জাত যৌগসমূহে বিশিষ্টতা লক্ষিত হয়। বেঞ্জিন এবং বেঞ্জিন সঞ্জাত যৌগসমূহ সাধারণত বিশিষ্ট গন্ধবাহী হয় এবং এদের আণবিক সংকেত অসম্পৃক্তি প্রকাশ

করলেও এদের ধর্ম সম্পৃক্ত জৈব যৌগের ধর্মের অনুসারী হয় ; যেমন, এরা **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে** এবং এই যৌগগুলি অপেক্ষাকৃত বেশী সুস্থিত হয়। প্রকৃতপক্ষে, বেঞ্জিনের প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনীই সমান এবং প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনীর মধ্যেই আংশিক দ্বি-বন্ধ চরিত্র লক্ষিত হয়। বেঞ্জিনের প্রকৃত গঠন হল : বেঞ্জিন একটি সমতলিক সুষম ষড়ভুজ যার ছয়টি কৌণিক বিন্দুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু আছে এবং প্রতিটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি করে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে (অর্থাৎ বেঞ্জিনের ছয়টি কার্বন পরমাণু ও ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে অবস্থিত)। বেঞ্জিনের প্রতিটি C—C বন্ধনীই সমান এবং এদের পরিমাপ হল 1·39A এবং প্রতিটি বন্ধনী কোণও সমান এবং এদের পরিমাপ হল 120° (চিত্র 1.22)। কিভাবে বেঞ্জিনের এই গঠন ব্যাখ্যা করা যায় তা পরে জানবে।

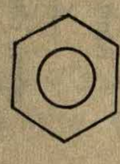


1.22 : বেঞ্জিনের গঠন।

বেঞ্জিনের এই ষড়ভুজ গঠন **বেঞ্জিন বলয়রূপে** পরিচিত। সাধারণত কেকুলের গঠন-সংকেত দিয়েই (যে কোনটি ব্যবহার করা যায়) বেঞ্জিনকে প্রকাশ করা হয় (চিত্র 1.23)—যদিও মনে



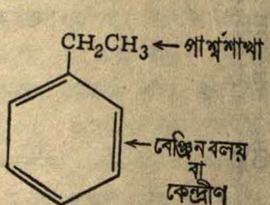
চিত্র 1.23



চিত্র 1.24

রাখতে হবে যে বেঞ্জিনের প্রকৃত গঠনে এই রকম পর্যায়ক্রমে একবন্ধনী ও দ্বিবন্ধনী নাই। অধুনা চিত্র 1.24 অনুযায়ী বেঞ্জিনকে প্রকাশ করাই হল অধিক প্রচলিত রীতি (বেঞ্জিন বলয় প্রকাশে সাধারণত C, H লেখা হয় না)।

বেঞ্জিন বলয়ের সঙ্গে যদি কোন কার্বন-সমন্বিত প্রতিস্থাপক (যেমন, CH_3, CH_3CH_2 ইত্যাদি) যুক্ত থাকে তাকে **পার্শ্বশাখা** (side chain) বলে। 1.25নং চিত্রে ইথাইলবেঞ্জিনের গঠনে বেঞ্জিন বলয় ও পার্শ্বশাখা দেখানো হল। এই যৌগে বেঞ্জিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত ইথাইল গ্রুপ (CH_3CH_2) হল পার্শ্বশাখা।



চিত্র 1.25 : ইথাইলবেঞ্জিন।

প্রশ্ন : **1.27** কার্বনের ক্যাটিনেশন ধর্ম বলতে কি বোঝায় ?

1.28 সরল মুক্তশৃংখল যৌগ, শাখাবিশিষ্ট মুক্তশৃংখল যৌগ ও বলয়াকার যৌগের একটি করে উদাহরণ দাও।

1.29 অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের দুটি করে উদাহরণ দাও।

1.30 বেঞ্জিন বলয় বিহীন অ্যারোমেটিক যৌগ হতে পারে কি ?

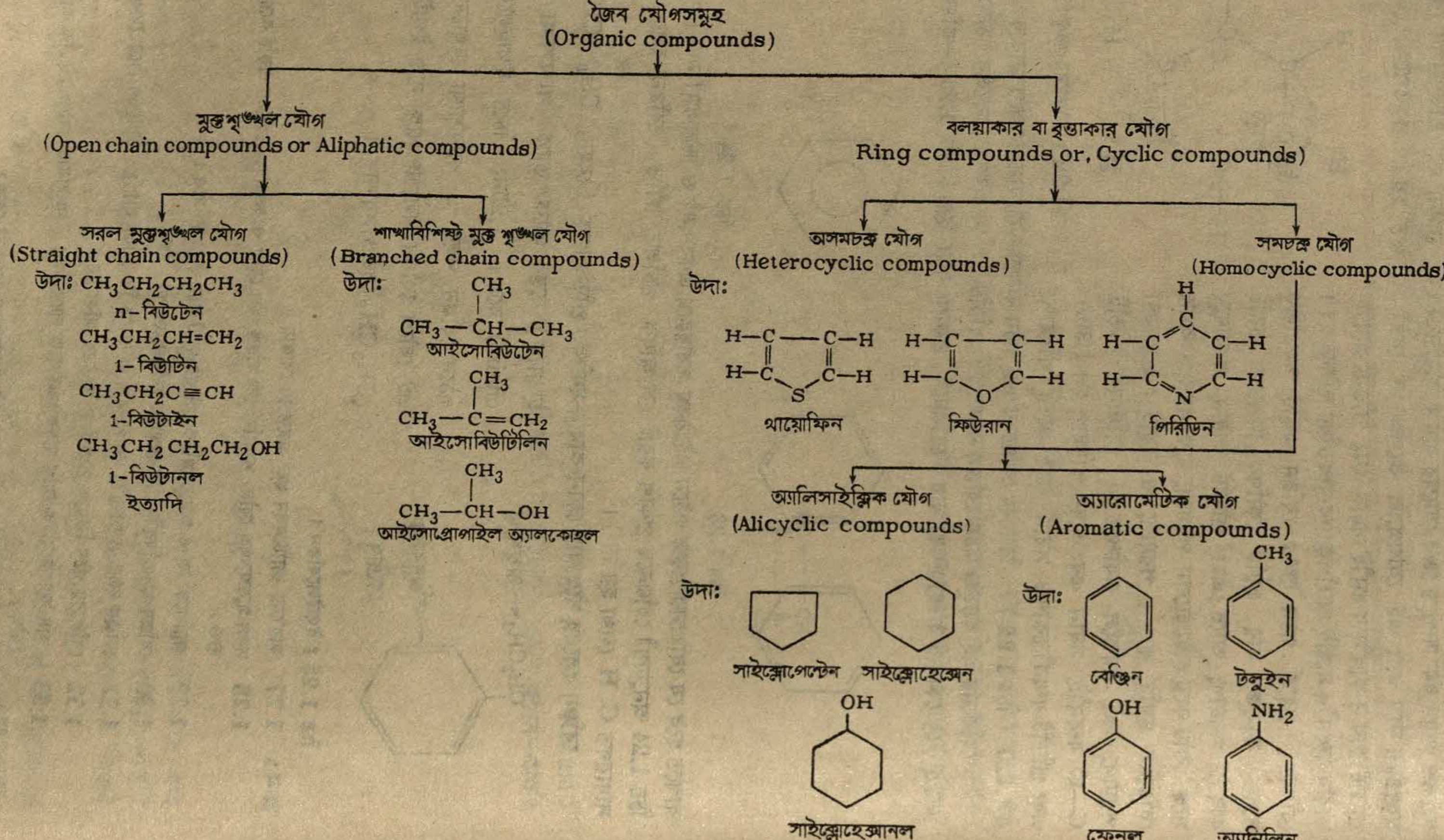
1.31 বেঞ্জিন বলয় বা কেন্দ্রীন ও পার্শ্বশাখা বলতে কি বোঝা যায় ? উদাহরণ দিয়ে দেখাও।

1.32 বেঞ্জিনের গঠন কিরূপ ? বেঞ্জিন কিভাবে আঁকা হয় ?

1.33 কোন অ্যারোমেটিক যৌগ মুক্তশৃংখল হতে পারে কি ? বলয়াকার যৌগমাত্রই কি অ্যারোমেটিক যৌগ ?

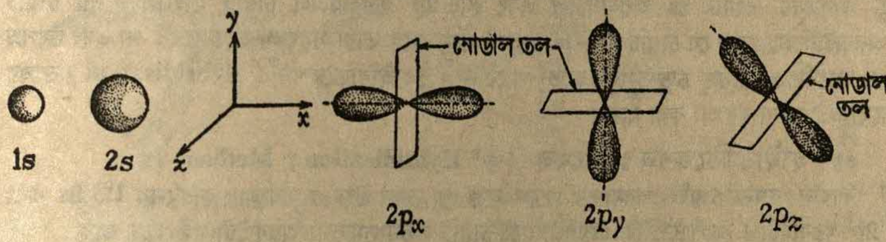
1.34 প্রপেনে কার্বন পরমাণুগুলি একই সরলরেখায় থাকে না কেন ?

তালিকা 1.1 : জৈব যৌগসমূহের বিভাগ (DIVISION OF ORGANIC COMPOUNDS)



1.10 *কার্বনের ইলেকট্রনীয় গঠন, কার্বনের যোজ্যতা এবং C−H, C−C, C=C, C≡C বন্ধনী গঠন : আধুনিক ধারণা (Electronic Configuration of Carbon, Valency of Carbon and C−H, C−C, C=C, C≡C bond formation : Modern idea)

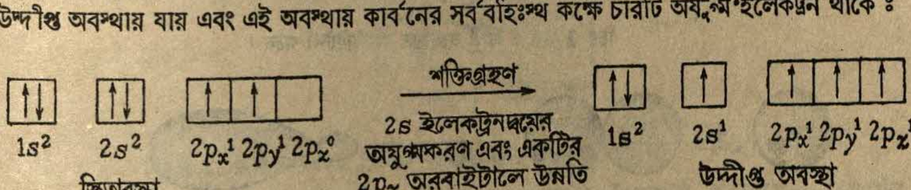
স্থিতাবস্থায় (ground state) কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হল : $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ অর্থাৎ 1s অরবাইটাল ও 2s অরবাইটালে 2টি করে এবং $2p_x$ ও $2p_y$ অরবাইটালে 1টি করে ইলেকট্রন আছে। এই অরবাইটালগুলির আকৃতি নীচে দেখানো হল :



চিত্র 1.26 : 1s, 2s, এবং 2p অরবাইটালগুলির আকৃতি (নোডাল তলে ইলেকট্রন থাকার সম্ভাব্যতা নেই বললেই চলে)।

1s ও 2s অরবাইটাল সুসমঞ্জস বর্তুলাকৃতি (spherically symmetrical) এবং তিনটি সমশক্তিসম্পন্ন p অরবাইটাল *x*, *y* ও *z* এই তিন অক্ষ বরাবর পরস্পর সমকোণে সজ্জিত থাকে। p অরবাইটাল তিনটিই ডাম্বেলাকৃতি।

কোন পরমাণুর সর্ববহিঃকক্ষের অযুগ্ম ইলেকট্রনের সংখ্যা সাধারণত সেই পরমাণুর যোজ্যতা সূচিত করে। কার্বনের উপরিউক্ত ইলেকট্রন-বিন্যাস থেকে দেখা যায় যে $2p_x$ এবং $2p_y$ অরবাইটালের দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন (unpaired electron) অন্য পরমাণুর সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী গঠন করতে পারে। অর্থাৎ, কার্বনের দ্বি-যোজী হওয়া উচিত। প্রকৃতপক্ষে, অতি দুস্থিত [যেমন CH (মিথিলিন), CCl_2 (ডাই-ক্লোরোকার্বিন)] ইত্যাদিতে কার্বন দ্বি-যোজ্যতা দেখালেও প্রায় সব জৈব যৌগেই কার্বন চতুঃসমযোজ্যতা দেখিয়ে থাকে। কিভাবে কার্বনের এই চতুঃসমযোজ্যতা ব্যাখ্যা করা যায়? তত্ত্বগতভাবে কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতা এইভাবে ব্যাখ্যা করা যায় : বিক্রিয়াকালে কার্বন শক্তি গ্রহণ করে এবং এই শক্তি 2s অরবাইটালের ইলেকট্রন দুটিকে অযুগ্ম (unpaired) করে একটি ইলেকট্রনকে 2s অরবাইটাল থেকে $2p_z$ অরবাইটালে উন্নীত করে। এই অবস্থা কার্বনের উদ্দীপ্ত অবস্থা (excited state)। অর্থাৎ শক্তি গ্রহণ করে কার্বন স্থিতাবস্থা থেকে উদ্দীপ্ত অবস্থায় যায় এবং এই অবস্থায় কার্বনের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে :



চিত্র 1.27 : কার্বন পরমাণুর স্থিতাবস্থা থেকে উদ্দীপ্ত অবস্থায় উন্নয়ন।

[একটি □ দিয়ে একটি অরবাইটাল এবং তীরচিহ্ন (↑ বা ↓) দিয়ে ইলেকট্রন বোঝানো হয়েছে]

উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের এই ইলেট্রন-বিন্যাস দিয়ে কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতা ব্যাখ্যা করা যায়।

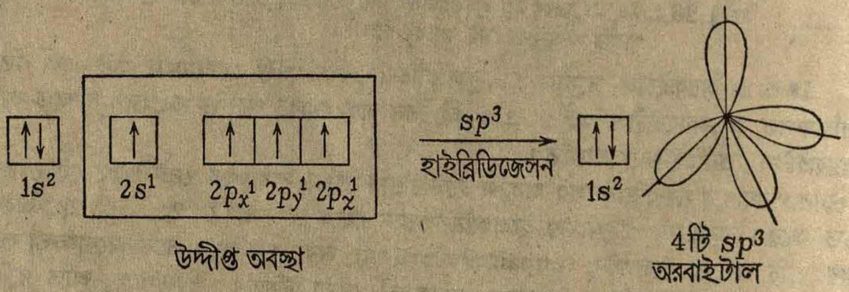
---

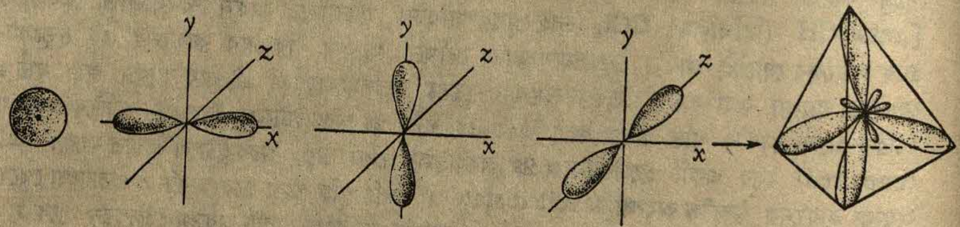
* এই অংশটি উচ্চ মাধ্যমিক পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নয়। আগ্রহী ছাত্রছাত্রীদের জন্য এই অংশটি দেওয়া হল। তবে এইভাবে পড়াই বাঞ্ছনীয়।

এখন কার্বন যদি একটি 2s অরবাইটাল এবং তিনটি 2p অরবাইটাল ব্যবহার করে চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনী গঠন করে তাহলে 3টি 2p অরবাইটাল দিয়ে গঠিত বন্ধনী তিনটি পরস্পর সমকোণে তিনটি দিকে নির্দেশিত থাকবে এবং বর্তুলাকৃতি 2s অরবাইটাল দিয়ে গঠিত বন্ধনীটি অ-দিকনির্দেশী হবে। অর্থাৎ চারটি সমযোজ্যতা বন্ধনী সমতুল্য (identical) হবে না। কিন্তু বাস্তবে এরূপ হয় না। যেমন, মিথেনে (CH_4) চারটি C—H বন্ধনীই একই প্রকারের। মিথেনের চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য এবং মিথেন একটি সুষম চতুস্তলকীয় অণু—অর্থাৎ একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের কেন্দ্রে থাকে কার্বন এবং চারটি কোণায় থাকে চারটি হাইড্রোজেন। কিন্তু কার্বনের একটি 2s অরবাইটাল এবং 3টি 2p অরবাইটাল চারটি হাইড্রোজেনের চারটি 1s অরবাইটালের সঙ্গে যে চারটি C—H বন্ধনী গঠন করে তারা সমতুল্য হতে পারে না এবং উৎপন্ন অণুর আকৃতিও সুষম চতুস্তলক হতে পারে না। হাইব্রিডিজেশন* (Hybridisation) তত্ত্বের সাহায্যে এই ঘটনা ব্যাখ্যা করা যায়।

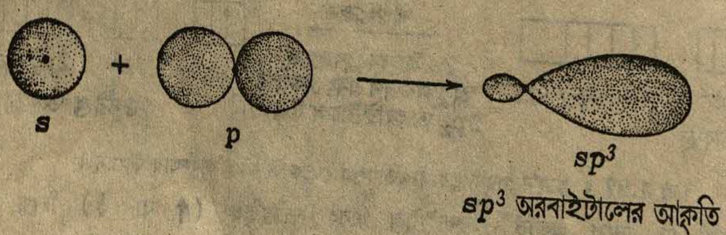
sp^3 হাইব্রিডিজেশন : মিথেন (sp^3 Hybridisation : Methane)

কার্বন যখন চারটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তখন উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের 1টি 2s এবং 3টি 2p অরবাইটাল একীভূত (merged) হয়ে চারটি নতুন সমতুল্য অরবাইটাল উৎপন্ন করে। এই





চিত্র 1.28 : sp^3 হাইব্রিড অরবাইটাল গঠন।

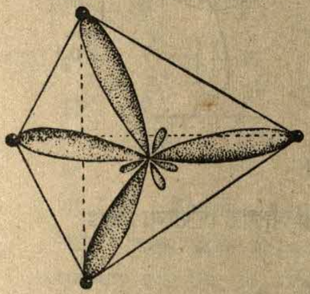


চিত্র 1.29 : একটি sp^3 হাইব্রিড অরবাইটালের আকৃতি।

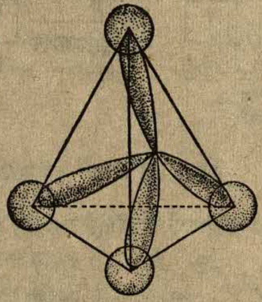
নতুন অরবাইটাল sp^3 পারমাণবিক অরবাইটাল নামে পরিচিত এবং যে পদ্ধতিতে এই অরবাইটালগুলি উৎপন্ন হয় তাকে হাইব্রিডিজেশন বলে। একটি s এবং 3টি p অরবাইটাল অংশগ্রহণ করে বলে এই হাইব্রিডিজেশনকে sp^3 হাইব্রিডিজেশন বলে। প্রতিটি sp^3 হাইব্রিড অরবাইটালে একটি করে

ইলেকট্রন থাকে। চিত্র 1.28-এ sp^3 হাইব্রিড অরবাইটাল গঠন এবং চিত্র 1.29-এ একটি sp^3 হাইব্রিড অরবাইটালের আকৃতি দেখানো হল।

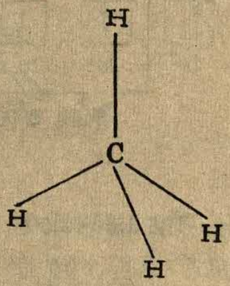
এই চারটি sp^3 হাইব্রিড অরবাইটাল একটি কাল্পনিক সুষম চতুস্তলকের চারটি কোণার দিকে নির্দেশিত থাকে—চতুস্তলকটির কেন্দ্রে থাকে কার্বনের কেন্দ্রীন (চিত্র 1.30)।



চিত্র 1.30 : চারটি sp^3 হাইব্রিড অরবাইটালের দিক নির্দেশ।



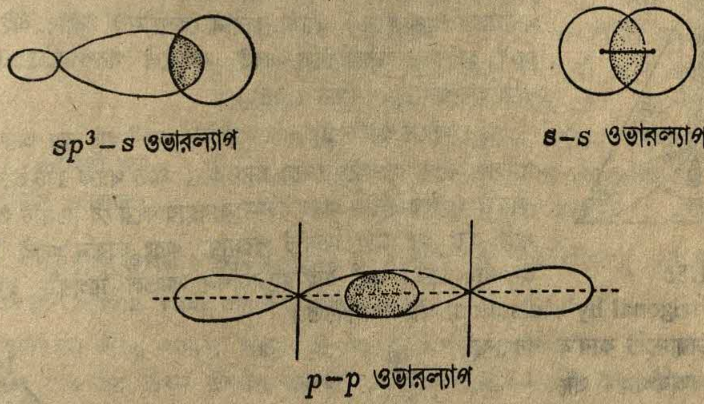
চিত্র 1.31 : মিথেনের গঠনে অরবাইটাল ওভারল্যাপ। আকৃতি—সুষম চতুস্তলক : চারটি H পরমাণুই সমতুল্য।



মিথেন : H—C—H বন্ধনী কোণ 109°28′।

মিথেন গঠনের সময় কার্বনের sp^3 হাইব্রিড অরবাইটালের সঙ্গে হাইড্রোজেনের 1s অরবাইটালের ওভারল্যাপের (overlap) ফলে চারটি কার্বন—হাইড্রোজেন σ-বন্ধনী উৎপন্ন হয়। চারটি সমতুল্য sp^3 হাইব্রিড অরবাইটালের ব্যবহারে গঠিত মিথেন অণুতে চারটি C—H বন্ধনী একই প্রকারের হয় এবং অণুটিও প্রতিসম চতুস্তলকীয় হয় (চিত্র 1.31)।

[**σ-বন্ধনী ও σ-ইলেকট্রন :** দুটি ভিন্ন পরমাণুর দুটি অরবাইটাল পরস্পর মাথায় মাথায় অর্থাৎ তাদের আন্তঃকেন্দ্রীনীয় অক্ষ বরাবর (along internuclear axes) ওভারল্যাপ করে যে



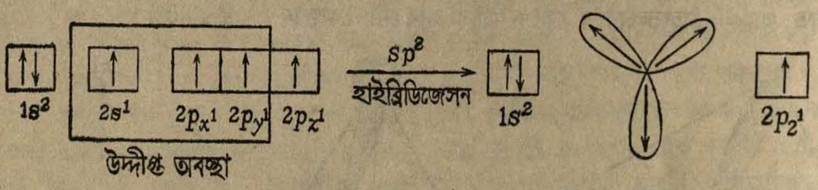
চিত্র 1.32 : σ-বন্ধনী : বিভিন্ন অরবাইটালের ওভারল্যাপের ফলে σ-বন্ধনী গঠন।

বন্ধনী উৎপন্ন করে তাকে σ-বন্ধনী বলা হয় এবং σ-বন্ধনীর ইলেকট্রন যুগলকে σ-ইলেকট্রন বলে। বিভিন্ন অরবাইটালের ওভারল্যাপের ফলে σ-বন্ধনী গঠন 1.32নং চিত্রে দেখানো হল।]

sp^2-হাইব্রিডিজেশন : কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনী : ইথিলিন (sp^2 Hybridisation : carbon-carbon double bond : ethylene) :

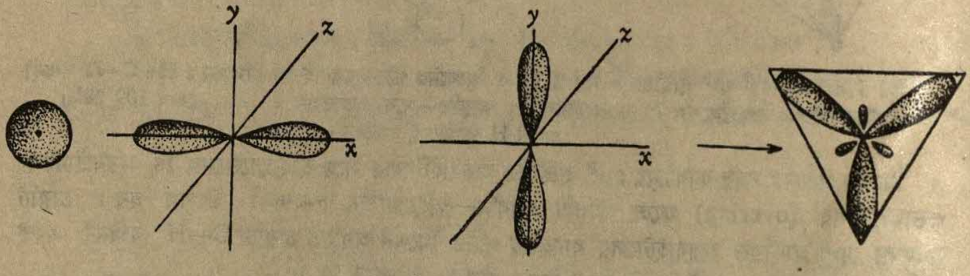
ইথিলিনে উভয় কার্বন পরমাণুই দুটি হাইড্রোজেন ও একটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত অর্থাৎ উভয় কার্বন পরমাণুই তিনটি ভিন্ন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। কার্বন যখন তিনটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তখন উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বনের 2s ও দুটি 2p অরবাইটালের হাইব্রিডিজেশনের ফলে

তিনটি একই প্রকারের sp^2 পারমাণবিক অরবাইটালের উদ্ভব ঘটে (চিত্র 1.33)। 1টি s ও 2টি p অরবাইটাল অংশগ্রহণ করে বলে এই হাইব্রিডিজেশনকে বলে sp^2 হাইব্রিডিজেশন। প্রতিটি sp^2 হাইব্রিড অরবাইটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকে।



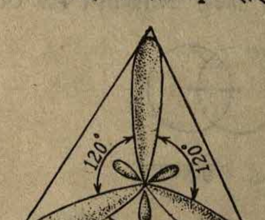
চিত্র 1.33 : sp^2 হাইব্রিডিজেশন :

নীচে 1.34নং চিত্রে sp^2 হাইব্রিড অরবাইটাল গঠন ও তার আকৃতি দেখানো হল :



চিত্র 1.34

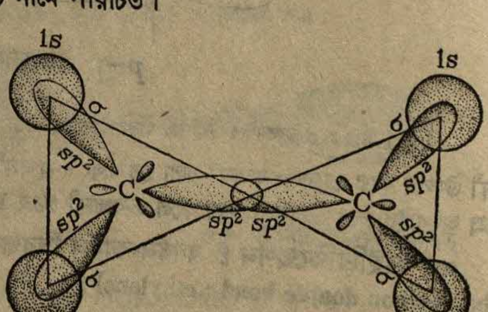
এই তিনটি sp^2 হাইব্রিড অরবাইটাল একটি সমবাহু ত্রিভুজের কেন্দ্র থেকে তিনটি কোণের দিকে বিস্তৃত থাকে—সমবাহু ত্রিভুজটির কেন্দ্রে (যেখানে মধ্যমাত্রয় ছেদ করে) থাকে কার্বন কেন্দ্রীন। অর্থাৎ এই তিনটি sp^2 হাইব্রিড অরবাইটাল একই সমতলে পরস্পর 120° কোণ করে অবস্থান করে (চিত্র 1.35)।



চিত্র 1.35

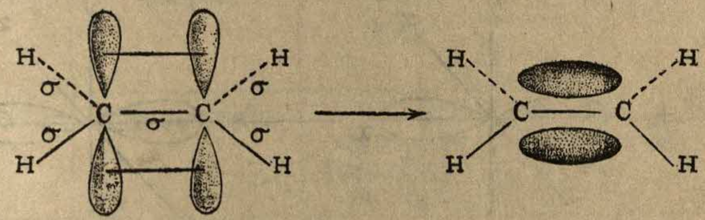
কার্বনে একটি $2p_z$ অরবাইটাল sp^2 হাইব্রিড অরবাইটালগুলির সঙ্গে সমকোণে থেকে যায় এবং এতে থাকে 1টি ইলেকট্রন। কার্বন sp^2 হাইব্রিড অরবাইটাল ব্যবহার করে যে তিনটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় সেই তিনটি পরমাণু এবং কার্বন একই সমতলে অবস্থান করে। sp^2 হাইব্রিডিজেশন সমতল ত্রিগণীয় হাইব্রিডিজেশন (Plane trigonal hybridisation) নামে পরিচিত।

ইথিলিনের দুটি কার্বন পরমাণুই sp^2 হাইব্রিড অবস্থায় থাকে। এখন দুটি কার্বনের দুটি sp^2 হাইব্রিড অরবাইটালের মাথায় মাথায় ওভারল্যাপের ফলে C—C σ-বন্ধনী গঠিত হয় এবং উভয় কার্বনের অবশিষ্ট দুটি sp^2 হাইব্রিড অরবাইটালের সঙ্গে দুটি করে হাইড্রোজেনের 1s অরবাইটালের ওভারল্যাপের ফলে দুটি করে মোট চারটি C—H σ-বন্ধনী গঠিত হয় (চিত্র 1.36)।



চিত্র 1.36 : ইথিলিন : শুধু σ-বন্ধনী গঠন দেখানো হয়েছে।

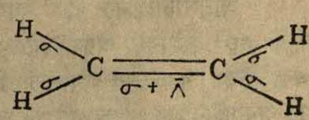
দুটি কার্বন ও চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে থাকে। এর ফলে কার্বন পরমাণু দুটি এবং চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করে এবং উভয় কার্বনের উপরেই একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন সমন্বিত একটি $2p_z$ অরবাইটাল থেকে যায়। এই p_z অরবাইটাল কার্বনের



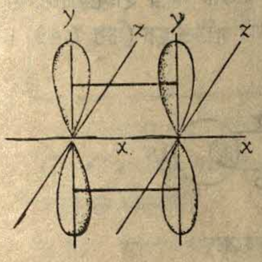
চিত্র 1.37 ঃ ইথিলিন ঃ π-বন্ধনী গঠন ঃ ভাঙ্গা লাইন দিয়ে কাগজের তলের নীচে এবং মোটা লাইন দিয়ে কাগজের তলের উপরে বোঝানো হয়েছে। অর্থাৎ, অণুটি কাগজের তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থিত তলে এবং $2p_z$ অরবাইটাল কাগজের তলে অবস্থিত।

উপর অণুর তলের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থান করে। ফলে দুটি কার্বনের উপর অবশিষ্ট এই দুটি $2p_z$ অরবাইটাল পরস্পরের সঙ্গে সমান্তরাল অবস্থায় থাকে। এই দুটি p অরবাইটালের পারস্পরিক পাশাপাশি ওভারল্যাপের ফলে একটি **C—C** π (পাই) বন্ধনী উৎপন্ন হয় (চিত্র 1.37)।

1·38নং চিত্রে ইথিলিনের গঠন ও বন্ধনী দেখানো হল ঃ



চিত্র 1.38 ঃ ইথিলিন

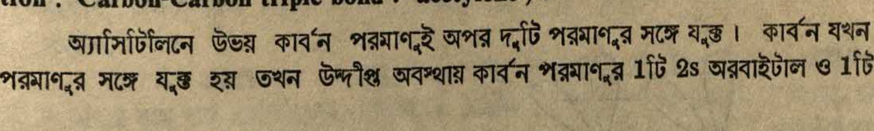


চিত্র 1.39 ঃ π-বন্ধনী গঠন ঃ p—p পাশাপাশি ওভারল্যাপ

[**π-বন্ধনী ও π-ইলেকট্রন ঃ** দুটি ভিন্ন পরমাণুর দুটি পারমাণবিক অরবাইটাল পরস্পর পাশাপাশি ওভারল্যাপ করে যে বন্ধনী উৎপন্ন করে তাকে π-বন্ধনী বলে এবং π-বন্ধনীর ইলেকট্রন π-ইলেকট্রন নামে পরিচিত। সব থেকে বেশী ওভারল্যাপের জন্য অরবাইটাল দুটির সমান্তরাল থাকা প্রয়োজন। দুটি p অরবাইটালের পাশাপাশি ওভারল্যাপের ফলে π-বন্ধনী গঠন 1·39নং চিত্রে দেখানো হল।]

sp^1 হাইব্রিডিজেশন ঃ কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনী ঃ অ্যাসিটিলিন (sp^1 Hybridisation : Carbon-Carbon triple bond : acetylene) ঃ

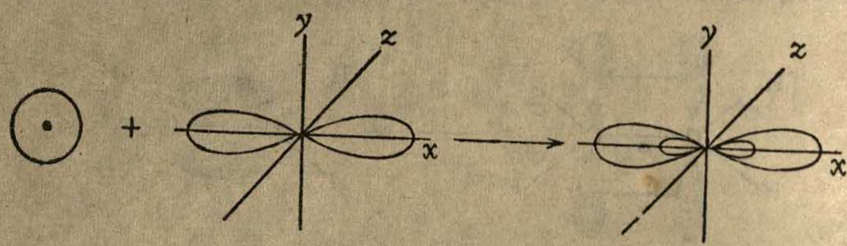
অ্যাসিটিলিনে উভয় কার্বন পরমাণুই অপর দুটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত। কার্বন যখন দুটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তখন উদ্দীপ্ত অবস্থায় কার্বন পরমাণুর 1টি 2s অরবাইটাল ও 1টি 2p



চিত্র 1.40 ঃ sp^1 হাইব্রিডিজেশন।

অরবাইটালের হাইব্রিডিজেশনের ফলে দুটি একই প্রকারের sp^1 পারমাণবিক অরবাইটালের উদ্ভব ঘটে (চিত্র 1.40)। 1টি s 1টি p অরবাইটাল অংশগ্রহণ করে তাই এই হাইব্রিডিজেশনকে বলে sp^1

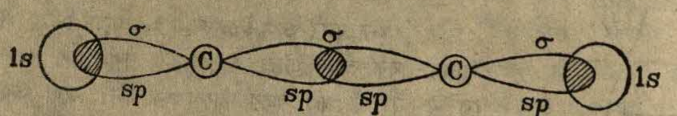
হাইব্রিডিজেশন। দুটি একই প্রকারের sp^1 হাইব্রিড অরবাইটাল পরস্পর 180° কোণে একটি সরলরেখার দুটি বিপরীত দিকে নির্দেশিত থাকে (চিত্র 1.41) :



চিত্র 1.41 : sp^1 হাইব্রিড অরবাইটালদ্বয়ের আকৃতি।

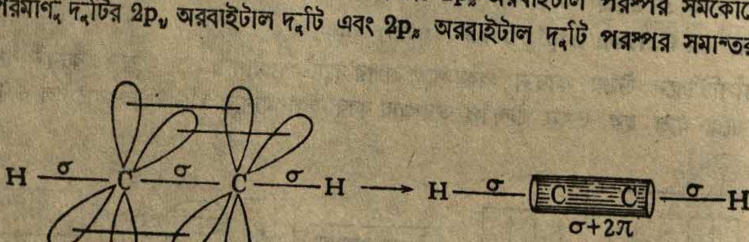
কার্বনে হাইব্রিডিজেশনে না-অংশগ্রহণকারী দুটি 2p অরবাইটাল পরস্পরের সঙ্গে সমকোণে এবং sp^1 হাইব্রিড অরবাইটালের সঙ্গেও সমকোণে থেকে যায়—প্রতিটি 2p অরবাইটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকে। sp^1 হাইব্রিডিজেশন দ্বিগণীয় হাইব্রিডিজেশন (Digonal hybridisation) নামেও পরিচিত।

অ্যাসিটিলিনের দুটি কার্বন পরমাণুই sp^1 হাইব্রিডাইজড অবস্থায় থাকে। দুটি কার্বনের দুটি sp^1 হাইব্রিড অরবাইটালের মাথায় মাথায় ওভারল্যাপের ফলে C—C σ-বন্ধনী গঠিত হয় এবং উভয় কার্বনের অবশিষ্ট 1টি sp^1 হাইব্রিড অরবাইটালের সঙ্গে একটি করে হাইড্রোজেনের 1s অরবাইটালের ওভারল্যাপের ফলে 1টি করে মোট দুটি C—H σ-বন্ধনী গঠিত হয় (চিত্র 1.42)।



চিত্র 1.42 : অ্যাসিটিলিন — শুধু σ-বন্ধনী গঠন দেখানো হয়েছে।
দুটি কার্বন ও দুটি হাইড্রোজেন একই সরলরেখায় থাকে।

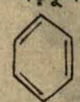
এর ফলে কার্বন পরমাণু দুটি এবং হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি একই সরলরেখায় থাকে এবং উভয় কার্বন পরমাণুতেই 1টি $2p_y$ অরবাইটাল এবং 1টি $2p_z$ অরবাইটাল পরস্পর সমকোণে থাকে। কার্বন পরমাণু দুটির $2p_y$ অরবাইটাল দুটি এবং $2p_z$ অরবাইটাল দুটি পরস্পর সমান্তরাল থাকে



চিত্র 1.43 : অ্যাসিটিলিন : π-বন্ধনী গঠন।

এবং এদের পাশাপাশি ওভারল্যাপের ফলে দুটি কার্বন-কার্বন π-বন্ধনীর সৃষ্টি হয় (চিত্র 1.43)। ফলে C—C ত্রিবন্ধনীর সৃষ্টি হয় — 1টি σ ও দুটি π বন্ধনী।

তালিকা 1.2 : মিথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেঞ্জিন অণুর গঠন, C—C বন্ধনী দূরত্ব ; বন্ধনী কোণ ও কার্বনের অভিক্রমণ অবস্থা।

যৌগ	গঠনাকৃতি	C—C বন্ধনী দূরত্ব	বন্ধনী কোণ	কার্বনের অভিক্রমণ অবস্থা
মিথেন CH_4	সুষম চতুস্তলকীয়	কার্বন-কার্বন এক বন্ধ দূরত্ব (যেমন ইথেনে) হল 1·54A	প্রতিটি H—C—H কোণ $=109°28'$	sp^3
ইথিলিন, C_2H_4	সমতলীয় $H_2C=CH_2$	1·34A	প্রতিটি H—C—H কোণ $=120°$ প্রতিটি H—C=C কোণ $=120°$	sp^2
অ্যাসিটিলিন, C_2H_2	সরলরৈখিক H—C≡C—H	1·20A	প্রতিটি H—C≡C কোণ $= 180°$	sp
বেঞ্জিন, C_6H_6	সমতলীয় সুষম ষড়ভুজ 	প্রতিটি 1·39A	যে কোন বন্ধনী কোণ 120°	sp^2

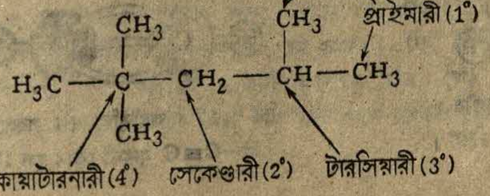
লক্ষ্য কর, C≡C দূরত্বের মান C=C দূরত্বের মান থেকে কম এবং C=C দূরত্বের মান C—C দূরত্বের মান থেকে কম। বেঞ্জিনে কার্বন-কার্বন দূরত্বের মান C—C দূরত্ব ও C=C দূরত্বের মধ্যবর্তী।

1.11 কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর শ্রেণী

কোন জৈব যৌগের অণুতে যে কার্বন পরমাণু অপর একটিমাত্র কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে **প্রাইমারী** (বা 1°) কার্বন পরমাণু, যে কার্বন পরমাণু অপর দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে **সেকেন্ডারী** (বা 2°) কার্বন পরমাণু, যে কার্বন পরমাণু অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে **টারসিয়ারী** (বা 3°) কার্বন পরমাণু এবং যে কার্বন পরমাণু অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে **কোয়াটারনারী** (বা 4°) কার্বন পরমাণু বলে।

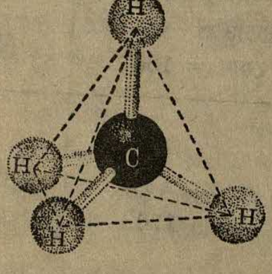
প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুকেও অনুরূপভাবে ভাগ করা যায়। প্রাইমারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে **প্রাইমারী** (বা 1°) **হাইড্রোজেন** পরমাণু, সেকেন্ডারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে **সেকেন্ডারী** (বা 2°) **হাইড্রোজেন** পরমাণু এবং টারসিয়ারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে **টারসিয়ারী** (বা 3°) **হাইড্রোজেন** পরমাণু বলে।

নীচের উদাহরণে কার্বন পরমাণুগুলির শ্রেণীবিভাগ দেখান হল :

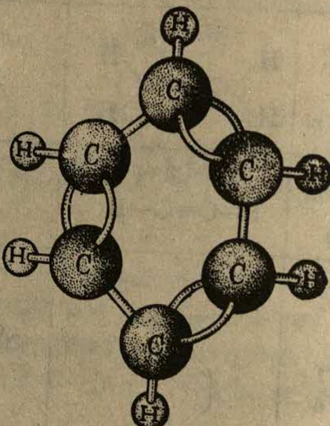


1.12 জৈব যৌগের মডেল

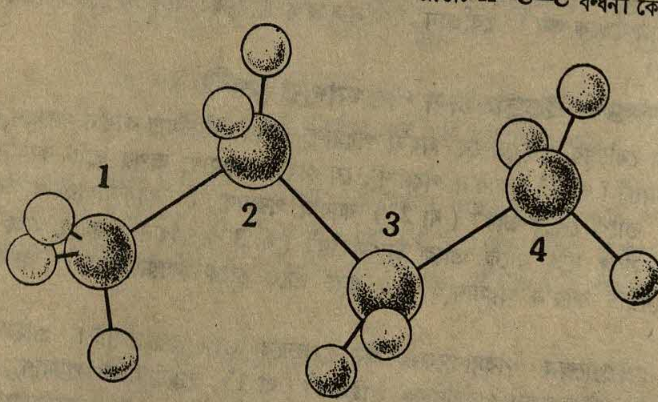
জৈব যৌগের জ্যামিতিক আকৃতি সম্বন্ধে সুস্পষ্ট ধারণার জন্য জৈব যৌগের **মডেল** গড়া আবশ্যক। জৈব যৌগের মডেল গড়ার জন্য বিভিন্ন রকম মডেল পাওয়া যায়। তার মধ্যে প্ল্যাস্টিকের গোলক ও কাঠি বা কাঠের গোলক ও স্প্রিং মডেল সহজেই জোগাড় করা সম্ভব। প্ল্যাস্টিকের গোলক বা কাঠের গোলক দিয়ে পরমাণু এবং প্ল্যাস্টিকের কাঠি বা স্প্রিং দিয়ে যোজ্যতা-বন্ধনী বোঝানো হয়। গোলকে পরমাণুর যোজ্যতা অনুযায়ী ছিদ্র করা থাকে এবং বিভিন্ন রং-এর গোলক দিয়ে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বোঝান হয়। নীচে মিথেন, বিউটেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেনজিনের মডেল চিত্রের সাহায্যে দেখানো হল।



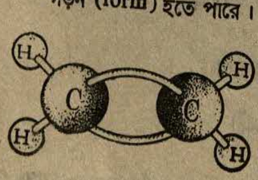
চিত্র **1.44** ঃ মিথেন ঃ সমচতুস্তলকীয়।
প্রতিটি **H—C—H** বন্ধনী কোণ হল 109°28′।



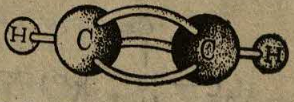
চিত্র **1.48** ঃ বেঞ্জিন ঃ সমতলীয়।
প্রতিটি **H—C—C** বন্ধনী কোণ হল 120°।



চিত্র **1.45** ঃ বিউটেন ঃ আঁকাবাঁকা। কার্বন-কার্বন এক বন্ধনীর চতুর্দিকে ঘূর্ণনের ফলে বিভিন্ন গড়ন (form) হতে পারে। এটিই সব থেকে সুস্থিত গড়ন। (এ সম্পর্কে পরে জানবে)।



চিত্র **1.46** ঃ ইথিলিন ঃ সমতলীয়।
H—C=C বন্ধনী কোণ হল **120°**।



চিত্র **1.47** ঃ অ্যাসিটিলিন ঃ সরলরৈখিক।
H—C≡C বন্ধনী কোণ হল **180°**।

গোলক ও কাঠি দিয়ে মডেল গড়ার একটু অসুবিধা আছে। যেমন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের বন্ধনীগুলির প্রত্যেকটিই বক্র বন্ধনীর আকার নেয়—এর থেকে σ ও π বন্ধনী বোঝা যায় না। আবার, বেঞ্জিনের কার্বন-কার্বন বন্ধনীগুলি একই প্রকারের—মডেল থেকে তা বোঝা যায় না। এই ধরনের মডেল গড়ার সময় এই অসুবিধার কথা মনে রাখতে হবে। অনেক উন্নত ধরনের মডেল পাওয়া যায় যাতে এ ধরনের অসুবিধা নাই।

মনে রাখ ঃ জৈব বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখার সময় বা অন্য ক্ষেত্রেও জৈব যৌগের গঠন এমনভাবে লেখা বাঞ্ছনীয় যাতে যৌগটির জ্যামিতিক আকৃতি সঠিকভাবে প্রকাশিত হয়। যেমন, ইথিলিন অণুটি সমতলীয় ও ইথিলিনে বন্ধনী কোণগুলির মান 120° করে, তাই ইথিলিন $\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\!\!>C=C<\!\!\begin{matrix}H\\H\end{matrix}$ এইভাবে লেখাই বাঞ্ছনীয়।

আবার বেঞ্জিন বলয় এমনভাবে আঁকা উচিত যাতে বোঝা যায় বেঞ্জিনের C—C বন্ধনীগুলির দৈর্ঘ্য সমান। কার্বন-কার্বন বন্ধনী দৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে $C-C > C=C > C\equiv C$—তাই এই বন্ধনীগুলি আঁকার সময় এই আপেক্ষিক দৈর্ঘ্য আঁকাই সঙ্গত।

অনুশীলনী

1. ঠিক উত্তরটিতে (✓) চিহ্ন দাও ঃ

(a) জৈব যৌগসমূহে কার্বনের যোজ্যতা হল (i) 2, (ii) 4, (iii) 6

(b) জৈব যৌগসমূহে কার্বন দেখায় (i) সমযোজ্যতা, (ii) তড়িৎযোজ্যতা (iii) অসম যোজ্যতা

(c) ইথেনে কার্বন-কার্বন বন্ধনী দূরত্বের মান

(i) 0·120 nm, (ii) 0·154 nm, (iii) 0·1397 nm

(d) ইথিলিনে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনী দূরত্বের মান

(i) 0·120 nm, (ii) 0·133 nm, (iii) 0·154 nm.

(e) অ্যাসিটিলিনে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনী দূরত্বের মান

(i) 0·120 nm, (ii) 0·1397 nm, (iii) 0·133 nm.

(f) বেঞ্জিনে C—C বন্ধনী দূরত্বের মান

(i) 0·120 nm, (ii) 0·133 nm, (iii) 0·1397 nm.

(g) মিথেনে কার্বনের অভিক্রমণ অবস্থা হল (i) sp^1, (ii) sp^2, (iii) sp^3.

(h) অ্যারোমেটিক যৌগে সুগন্ধ (i) থাকে, (ii) থাকে না, (iii) থাকতেও পারে, নাও পারে।

(i) জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে

(i) ভৌত ধর্মের ভিত্তিতে, (ii) কার্বন পরমাণুর সংখ্যার ভিত্তিতে, (iii) গঠনের ভিত্তিতে।

(j) কার্বনের যে ধর্মের ফলে অসংখ্য জৈব যৌগের অস্তিত্ব সম্ভব হয়েছে, তাকে বলে

(i) অভিক্রমণ, (ii) ক্যাটেনেশন, (iii) সমযোজ্যতা।

(k) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$ (কেন্দ্রীয় C-এর উপরে ও নিচে CH_3) যৌগে প্রাইমারী হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা (i) 0, (ii) 6, (iii) 12.

2. নীচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা ?

(i) ইথিলিনের দুটি কার্বন ও চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে অবস্থিত। (ii) বেঞ্জিন অণুর কার্বন পরমাণুগুলি একই সমতলে অবস্থিত, কিন্তু হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি এই সমতলের বাইরে অবস্থিত (iii) বেঞ্জিনের অসম্পৃক্তি ও ইথিলিনীয় অসম্পৃক্তি একই ধরনের। (iv) বিউটেন অণুতে চারটি কার্বন পরমাণু একই সরলরেখায় অবস্থিত। (v) অ্যাসিটিলিন একটি অসম্পৃক্ত যৌগ। (vi) কার্বনের চারটি যোজ্যতা একই তলে অবস্থান করে না। (vii) ভ্যান্ট হফ ও লা বেল স্বতন্ত্রভাবে কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের ধারণার প্রবর্তন

করেন। (viii) বেঞ্জিন খুব দুস্থিত পদার্থ। (ix) বেঞ্জিনের মুখ্য বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। (x) ইথিলিনে π বন্ধনী আছে। (xi) মিথেনের চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য।

3. বাঁদিকের সঙ্গে ডানদিকের সামঞ্জস্য বিধান (match) কর ঃ

(i) অ্যাসিটিলিনে কার্বনের অভিক্রমণ অবস্থা	(i) পিরিডিন
(ii) C=C	(ii) বেঞ্জিন
(iii) ইথিলিনে কার্বনের অভিক্রমণ অবস্থা	(iii) sp
(iv) C—C	(iv) সাইক্লোহেক্সেন
(v) অ্যারোমেটিক যৌগ	(v) sp^2
(vi) অ্যালিসাইক্লিক যৌগ	(vi) ইথেন
(vii) অসমচক্র যৌগ	(vii) ইথিলিন

4. পর্যায়-সারণীর কোন গ্রুপে কার্বন অবস্থিত? কার্বনের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস দেখাও। কার্বনের চতুর্যোজ্যতা কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

5. নীচের অণুগুলির আকৃতি কিরূপ? অংকন করে দেখাও ঃ
(i) মিথেন, (ii) কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, (iii) ক্লোরোফর্ম, (iv) ইথিলিন, (v) অ্যাসিটিলিন।

6. কার্বনের চতুস্তলকীয় মডেলের সাহায্যে ইথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন ব্যাখ্যা কর।

7. (i) মিথেন অণুর H—C—H, (ii) কার্বন টেট্রাক্লোরাইড অণুর Cl—C—Cl, (iii) ইথিলিন অণুর H—C—H ও H—C=C, (iii) অ্যাসিটিলিন অণুর H—C≡C, (iv) বেঞ্জিন অণুর H—C—C ও C—C—C বন্ধনী কোণগুলির পরিমাণ কত?

8. দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ বলতে কি বোঝায়? এরা কিভাবে গঠিত হয়? দ্বি-বন্ধ ও ত্রি-বন্ধ যুক্ত দুটি যৌগের নাম ও গঠন-সংকেত লেখ।

9. মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন এই তিনটি যৌগে কার্বনের বন্ধনীগুলি কিভাবে শূন্যে বিন্যস্ত থাকে?

10. নীচের অণুগুলির কোন্ পরমাণুগুলি একই তলে অবস্থান করে? (H.S. '87)
(i) $CH_2=CH_2$, (ii) $CH_3CH=CH_2$, (iii) $CH_3CH_2CH=CH_2$,
(iv) $CH_3CH=CHCH_3$

11. নীচের অণুগুলির কোন পরমাণুগুলি একই সরলরেখায় অবস্থিত?
(i) $CH\equiv CH$, (ii) $CH_3C\equiv CH$, (iii) $CH_3CH_2C\equiv CH$, (iv) $CH_3C\equiv C.CH_3$

12. n-বিউটেনের গঠনচিত্র এঁকে দেখাও কার্বন পরমাণুগুলি একই রেখায় থাকে না।

13. কার্বনের চারটি যোজ্যতা ত্রিমাত্রিক শূন্যে কিভাবে বিন্যস্ত? এঁকে দেখাও। যে কোন দুটি যোজ্যতার মধ্যে কোণের পরিমাণ কত? বেঞ্জিন অণুর গঠন কিরূপ? অংকন করে দেখাও।

14. উদাহরণসহ সংজ্ঞা দাও ঃ
(i) সরল মুক্তশৃংখল যৌগ, (ii) পার্শ্বশাখাবিশিষ্ট মুক্তশৃংখল যৌগ, (iii) বলয়াকার যৌগ, (iv) সমচক্র যৌগ, (v) অসমচক্র যৌগ, (vi) অ্যালিসাইক্লিক যৌগ, (vii) অ্যারোমেটিক যৌগ, (viii) সম্পৃক্ত যৌগ, (ix) অসম্পৃক্ত যৌগ, (x) বেঞ্জিন বলয় ও পার্শ্বশাখা।

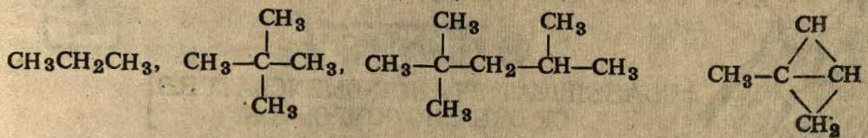
15. কেকুলে জৈব যৌগের গঠন কিভাবে ব্যাখ্যা করেন? কেকুলের তত্ত্বের সীমাবদ্ধতা কি? এই সীমাবদ্ধতা কে কিভাবে দূর করেন?

16. নীচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা ব্যাখ্যা সহ লেখ ঃ
(i) মিথেনের চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করে না।
(ii) ইথিলিন সহজেই যুত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।
(iii) তিনটির অধিক কার্বন পরমাণু পরস্পর সমযোজ্যতা বন্ধনে আবদ্ধ হতে পারে না।

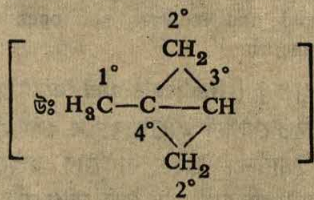
17. ইথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন অণুর লুইস ডট গঠন (Lewis dot structure) অংকন কর। এই অণুগুলিতে কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যে কয়টি করে বন্ধন ইলেকট্রন বর্তমান?

18. উদাহরণ দাও ঃ
(i) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনীযুক্ত সরল ও পার্শ্বশাখাযুক্ত মুক্তশৃংখল যৌগ;
(ii) কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনীযুক্ত সরল ও পার্শ্বশাখাযুক্ত মুক্তশৃংখল যৌগ।

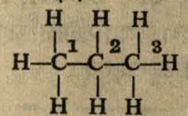
19. প্রাইমারী, সেকেন্ডারী, টারসিয়ারী ও কোয়াটারনারী কার্বন পরমাণু বলতে কি বোঝায় ? নীচের যৌগগুলির কার্বন পরমাণুগুলিকে 1°, 2°, 3°, 4° রূপে চিহ্নিত কর ঃ

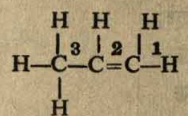


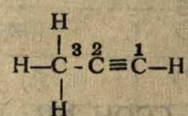
20. C_5H_8 সংকেতবিশিষ্ট একটি জৈব যৌগের গঠন লেখ যার মধ্যে 1°, 2°, 3° ও 4° কার্বন পরমাণু বর্তমান।

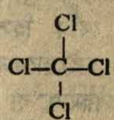


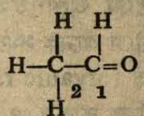
21. নীচের অণুগুলির নির্দেশিত কোণগুলির মান কত হবে ?

(i) 
$C_1—C_2—C_3$, $H—C_2—C_3$, $H—C_1—H$, $H—C_1—C_2$, $H—C_3—H$, $H—C_3—C_2$.

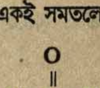
(ii) 
$H—C_1—H$, $H—C_1=C_2$, $C_1=C_2—C_3$, $H—C_2=C_1$, $H—C_2—C_3$, $H—C_3—C_2$, $H—C_3—H$.

(iii) 
$H—C_1\equiv C_2$, $C_1\equiv C_2—C_3$, $H—C_3—H$, $H—C_3—C_2$.

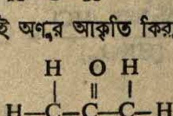
(iv) 
Cl—C—Cl

(v) 
$H—C_1=O$, $H—C_1—C_2$, $C_2—C_1=O$, $H—C_2—H$, $H—C_2—C_1$.

এই অণুর কোন পরমাণুগুলি একই সমতলে অবস্থিত ?

(vi) 
H—C=O, H—C—H

এই অণুর আকৃতি কিরূপ ?

(vii) 
$H—C_1—H$, $H—C_1—C_2$, $C_1—C_2—C_3$, $C_1—C_2=O$, $H—C_3—H$, $C_3—C_2=O$.

এই অণুর কোন পরমাণুগুলি একই সমতলে অবস্থিত ?



জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ ও নামকরণ 2

[CLASSIFICATION AND NOMENCLATURE OF ORGANIC COMPOUNDS]

Syllabus : Radicals and functional groups. Homologous series upto C_4. Classification and nomenclature (old and modern) of open chain compounds upto C_4 chain. Structural isomerism.

2.1 মূলক ও কার্যকরী গ্রুপ (Radicals and functional groups)

কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত যৌগকে **হাইড্রোকার্বন** বলা হয়। যেমন মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6), প্রপেন (C_3H_8) ইত্যাদি। হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণু অপর কোন পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে অন্য জৈব যৌগ গঠিত হয় এরূপ মনে করা যায়। যেমন, মিথেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু Cl, OH, CHO, CN, COOH, NH_2 বা NO_2 দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে মিথাইল ক্লোরাইড, মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিট্যালডিহাইড, মিথাইল সায়ানাইড, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যামিনোমিথেন বা নাইট্রোমিথেন উৎপন্ন হয় ঃ

CH_4 →
- CH_3Cl মিথাইল ক্লোরাইড
- CH_3OH মিথাইল অ্যালকোহল
- CH_3CHO অ্যাসিট্যালডিহাইড
- CH_3CN মিথাইল সায়ানাইড
- CH_3COOH অ্যাসেটিক অ্যাসিড
- CH_3NH_2 অ্যামিনোমিথেন
- CH_3NO_2 নাইট্রোমিথেন

অর্থাৎ, $RH \rightarrow RX$ $\quad X = Cl, OH, CHO, CN, COOH, NH_2, NO_2$ ইত্যাদি।

অর্থাৎ, অপর যৌগসমূহকে আদি যৌগ হাইড্রোকার্বন সঞ্জাত যৌগ হিসাবে ধরা যেতে পারে। উদ্ভূত জৈব যৌগসমূহে দুটি অংশ ঃ একটি অংশ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত (উপরের উদাহরণে CH_3) এবং অপরটি হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপনকারী পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ। অজৈব মূলক অ্যামোনিয়াম, সালফেট, নাইট্রেট ইত্যাদির ন্যায় প্রথম অংশ অর্থাৎ, কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত এই কাঠামো রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় জৈব যৌগে অনেক সময় অপরিবর্তিত থাকে। কার্বন ও হাইড্রোজেনের এই পরমাণুপুঞ্জকে জৈব মূলক (organic radical) বলে। অর্থাৎ, **হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রতিস্থাপনের দ্বারা গঠিত কার্বন ও হাইড্রোজেনের যে পরমাণুপুঞ্জ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনেক সময় অপরিবর্তিত থাকে তাকে জৈব মূলক বলে।** নীচে দেখানো হল বিভিন্ন বিক্রিয়ায় জৈব মূলক মিথাইল (CH_3) অপরিবর্তিত আছে ঃ

$CH_3Cl \xrightarrow{KOH} CH_3OH$ (মিথাইল অ্যালকোহল)

$$\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow[\text{বিক্ষিপ্ত সূর্যালোক}]{Cl_2} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow{NH_3} \underset{\text{মিথাইল অ্যামিন}}{CH_3NH_2} \xrightarrow[{[HNO_2]}]{NaNO_2/HCl} \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH}$$

$$CH_3Cl \xrightarrow{KCN} \underset{\text{মিথাইল সায়ানাইড}}{CH_3CN} \xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{H^+,\ H_2O} \underset{\text{অ্যাসেটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

সম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের (অ্যালকেনের) একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারণের ফলে যে জৈব মূলক উৎপন্ন হয় তাকে অ্যালকিল (Alkyl) মূলক বলে। অ্যালকিল মূলক R অক্ষর দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। যেমন, CH_3 (মিথাইল), C_2H_5 (ইথাইল) ইত্যাদি। অ্যালকেন ও অ্যালকিল মূলকের সম্পর্ক নীচে দেখানো হল ঃ

$$\underset{\text{অ্যালকেন}}{RH} \underset{+H}{\overset{-H}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{অ্যালকিল}}{R}$$

নামকরণ ঃ অ্যালকেনের নামের শেষের 'এন' (ane)-এর পরিবর্তে 'আইল' (yl) যোগ করে অ্যালকিল গ্রুপের নামকরণ করা হয়।

উদাহরণ ঃ মিথেন $(CH_4) \xrightarrow[+\text{ আইল}]{-\text{ এন}}$ মিথাইল (CH_3)। এই হিসাবে অ্যালকিল না বলে অ্যালকাইল মূলক বলাই সঙ্গত। অ্যালকিল মূলক একটি একযোজী মূলক। অ্যালকিল মূলকের সাধারণ সংকেত হল C_nH_{2n+1}।

তালিকা (2.1)-এ কয়েকটি সাধারণ অ্যালকিল মূলকের গঠন ও নাম দেওয়া হল।

তালিকা 2.1 ঃ কয়েকটি সাধারণ অ্যালকিল মূলক

অ্যালকেন	অ্যালকিল মূলক	
	গঠন	নাম (ব্র্যাকেটে সংক্ষিপ্ত চিহ্ন দেওয়া হল)
CH_4 (মিথেন)	CH_3-	মিথাইল (Me)
CH_3CH_3 (ইথেন)	CH_3CH_2-	ইথাইল (Et)
$CH_3\ CH_2\ CH_3$ (প্রপেন)	$CH_3CH_2CH_2-$ $CH_3\underset{\vert}{C}H\ CH_3$	n – প্রপাইল (n – Pr) আইসোপ্রপাইল (i – Pr)
$CH_3\ CH_2\ CH_2\ CH_3$ (n-বিউটেন)	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$ $CH_3CH_2\underset{\vert}{C}HCH_3$	n – বিউটাইল (n – Bu) সেকেন্ডারী বিউটাইল (s – Bu) [2° C-পরমাণু থেকে H অপসারণের ফলে উৎপন্ন অ্যালকিল গ্রুপ সেকেন্ডারী (বা সেক্) দিয়ে চিহ্নিত করা হয়]।
$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{\vert}{C}}H-CH_3$ (আইসোবিউটেন)	$CH_3-\overset{CH_3}{\overset{\vert}{C}}H-CH_2-$ $CH_3-\underset{\vert}{\overset{CH_3}{\overset{\vert}{C}}}-CH_3$	আইসোবিউটাইল (i – Bu) টারসিয়ারী বিউটাইল (t – Bu) [3° C-পরমাণু থেকে H অপসরাণের ফলে উৎপন্ন অ্যালকিল গ্রুপ টারসিয়ারী (বা টার্ট) দিয়ে চিহ্নিত করা হয়]।

অ্যালকেনের একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুর অপসারণের ফলে বিভিন্ন জৈব গ্রুপ উৎপন্ন হয়। যেমন, মিথেনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারিত হলে দ্বিযোজী মিথিলিন ($-CH_2-$) গ্রুপ উৎপন্ন হয়। মিথেনের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারণের ফলে উৎপন্ন গ্রুপকে মিথাইন ($>CH-$) বলা হয়।

অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের অপসারণের দ্বারাও বিভিন্ন জৈব গ্রুপ উৎপন্ন হয়। নীচে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল:

হাইড্রোকার্বন	জৈব গ্রুপ	নাম
$CH_2 = CH_2$	$CH_2 = CH-$	ভিনাইল
$CH_3CH = CH_2$	$CH_3CH = CH-$	প্রোপিনাইল
	$-CH_2CH = CH_2$	অ্যালাইল
$CH \equiv CH$	$CH \equiv C-$	ইথাইনাইল
$CH_3C \equiv CH$	$-CH_2C \equiv CH$	প্রোপারগাইল
	$CH_3C \equiv C-$	প্রোপাইনাইল

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের একটি হাইড্রোজেন অপসারণের দ্বারা যে জৈব মূলক উৎপন্ন হয় তাকে অ্যারাইল (Aryl) মূলক বলে। অ্যারাইল মূলক Ar দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন, বেঞ্জিন (C_6H_6) থেকে উদ্ভূত মূলক ফিনাইল (C_6H_5-) মূলক নামে পরিচিত।

আধুনিক নামকরণে অ্যালকিল ও অ্যারাইল মূলক অ্যালকিল ও অ্যারাইল গ্রুপ হিসাবে পরিচিত। প্রকৃতপক্ষে যোজ্যতা কক্ষে এক বা একাধিক অযুগ্ম ইলেকট্রনযুক্ত জৈব গ্রুপকে জৈব মূলক (Free radical) বলা হয়। যেমন, $\cdot CH_3$ (মিথাইল মূলক বা মুক্ত মূলক)। এই মূলকগুলি অতীব সক্রিয় হয়।

কার্যকরী গ্রুপ (Functional Group): আমরা দেখেছি হাইড্রোকার্বন ছাড়া অন্য জৈব যৌগগুলির দুটি অংশ। জৈব যৌগের ধর্ম ও রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ এই দুটি অংশের উপরেই নির্ভরশীল। সাধারণত জৈব যৌগের ভৌত ধর্ম যেমন, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ইত্যাদি প্রথম অংশের উপর নির্ভর করে। যেমন, যদি অ্যালকিল গ্রুপ অংশ R হয় এবং অপর অংশ OH হয় তবে বিভিন্ন R-এর জন্য স্ফুটনাঙ্ক নীচের মত পরিবর্তিত হয়:

$R - OH$ (অ্যালকোহল)

$R = CH_3$ হলে যৌগটি CH_3OH (স্ফুটনাঙ্ক 64° সে.)

$= C_2H_5$ হলে যৌগটি C_2H_5OH (স্ফুটনাঙ্ক 78·1° সে.)

$= CH_3CH_2CH_2$ হলে যৌগটি $CH_3CH_2CH_2OH$ (স্ফুটনাঙ্ক 97·4° সে.)

কিন্তু এই যৌগগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে মূলগত সাদৃশ্য বর্তমান থাকে (অ্যালকোহলের সাধারণ ধর্ম পরে দেখ)। অর্থাৎ এই যৌগগুলির রাসায়নিক ধর্ম OH এই পরমাণুপুঞ্জের (অর্থাৎ হাইড্রোকার্বন অংশ ব্যতিরেকে অন্য অংশের) উপর নির্ভরশীল। OH একটি কার্যকরী গ্রুপ হিসাবে পরিচিত। অর্থাৎ, **কার্যকরী গ্রুপ হল একটি পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ যার উপস্থিতি কোন জৈব যৌগের রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে এবং বিভিন্ন জৈব যৌগে যার উপস্থিতির ফলে বিভিন্ন জৈব যৌগ মূলগত একই রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন হয়।** তাহলে, সাধারণত জৈব মূলক অংশ জৈব যৌগের ভৌত ধর্ম এবং কার্যকরী গ্রুপ অংশ রাসায়নিক ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে। একই কার্যকরী গ্রুপ যুক্ত যৌগসমূহ মূলগত একই ধর্মসম্পন্ন হয় এবং ভিন্ন কার্যকরী গ্রুপযুক্ত

যৌগগুলি ধর্মেও ভিন্ন হয়। সুতরাং কার্যকরী গ্রুপের উপর নির্ভর করে জৈব যৌগগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা সম্ভব হয়েছে। নীচে কয়েকটি বিশেষ কার্যকরী গ্রুপের নাম, সংকেত, গঠন এবং তাদের দ্বারা উৎপন্ন জৈব যৌগের শ্রেণী দেখানো হল ঃ

কার্যকরী গ্রুপ			যৌগের শ্রেণী
নাম	সংকেত	গঠন	
1. হাইড্রক্সিল	—OH	—O—H	অ্যালকোহলসমূহ (যদি অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে বা বেনজিন বলয়ের পার্শ্ব শৃঙ্খলের সঙ্গে যুক্ত থাকে, যেমন, $C_6H_5CH_2OH$) ফিনলসমূহ (যদি অ্যারিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে)
2. ইথার	—O—	—O—	ইথারসমূহ
3. অ্যালডিহাইড	—CHO	—C(=O)—H	অ্যালডিহাইডসমূহ
4. কিটো	>CO	>C=O	কিটোনসমূহ
5. কার্বক্সিল	—COOH	—C(=O)—O—H	কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহ
6. কার্ব-অ্যালকোক্সিল বা এস্টার	—COOR	—C(=O)—O—R	কার্বক্সিলিক এস্টারসমূহ
7. অ্যাসিড-হ্যালাইড	—COX (X = হ্যালোজেন পরমাণু)	—C(=O)—X	অ্যাসিড হ্যালাইডসমূহ
8. অ্যাসিড-অ্যামাইড	$—CONH_2$	—C(=O)—N(H)—H	অ্যাসিড অ্যামাইডসমূহ
9. অ্যাসিড-অ্যান্-হাইড্রাইড	—CO—O—CO—	—C(=O)—O—C(=O)—	অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডসমূহ
10. প্রাইমারী অ্যামিনো	$—NH_2$	—N(H)—H	প্রাইমারী অ্যামিনসমূহ

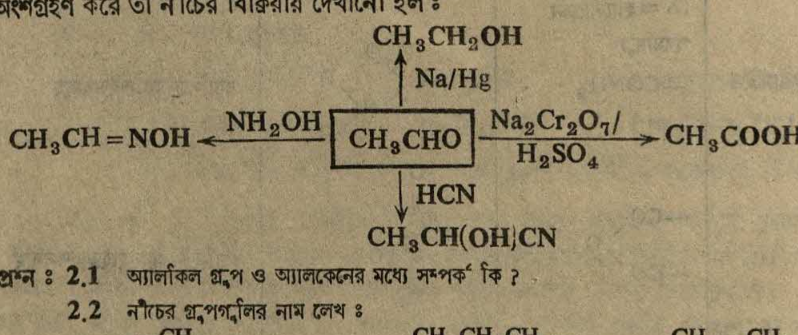
কার্যকরী গ্রুপ			যৌগের শ্রেণী
নাম	সংকেত	গঠন	
11. নাইট্রো	$—NO_2$	$—N(=O)\rightarrow O$	নাইট্রো যৌগসমূহ
12. সায়ানো	—CN	$—C\equiv N$	সায়ানাইড বা নাইট্রাইল সমূহ
13. সালফোনিক অ্যাসিড	$—SO_3H$	$—S(=O)_2—O—H$	সালফোনিক অ্যাসিড সমূহ

$>C = C<$ এবং $—C\equiv C—$ ও কার্যকরী গ্রুপ হিসাবে পরিচিত।

একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে কোন জৈব যৌগে একাধিক একই কার্যকরী গ্রুপ থাকতে পারে। যেমন, ইথিলিন গ্লাইকল $CH_2OH.CH_2OH$ (দুটি OH গ্রুপ), গ্লিসারিন $CH_2OH.\ CHOH.\ CH_2OH$ (3টি OH গ্রুপ), ম্যালোনিক অ্যাসিড $HOOCCH_2\ COOH$, (দুটি COOH গ্রুপ) ইত্যাদি। আবার কোন জৈব যৌগে একাধিক বিভিন্ন কার্যকরী গ্রুপও থাকতে পারে। যেমন ল্যাকটিক অ্যাসিড, $CH_3\ CH(OH).\ COOH$ (1টি OH ও 1টি COOH), অ্যালডল $CH_3CH(OH)CH_2CHO$ (1টি OH ও 1টি CHO) ইত্যাদি। একাধিক বিভিন্ন কার্যকরী গ্রুপযুক্ত যৌগসমূহে বিভিন্ন কার্যকরী গ্রুপেরই ধর্ম দেখা যায়। যেমন, অ্যালডলে অ্যালকোহল ও অ্যালডিহাইড উভয়ের ধর্মই দেখা যায়।

যদিও একই কার্যকরী গ্রুপযুক্ত বিভিন্ন জৈব যৌগের রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে মূলগত সাদৃশ্য বর্তমান, তাদের সমস্ত ধর্মই এক হয় না। কার্যকরী গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত পরমাণু বা গ্রুপও কার্যকরী গ্রুপের বিক্রিয়াকে প্রভাবান্বিত করে। যেমন, ফরম্যালডিহাইড (HCHO) এবং অ্যাসিটাল-ডিহাইডের (CH_3CHO) মধ্যে একই কার্যকরী গ্রুপের (CHO গ্রুপের) উপস্থিতি সত্ত্বেও প্রথমোক্ত যৌগ ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, কিন্তু অ্যালডল বিক্রিয়া দেয় না। অপরপক্ষে, শেষোক্ত যৌগ ক্যানিজারো বিক্রিয়া দেয় না, কিন্তু অ্যালডল বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে (পরে দেখ)।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে সাধারণত অ্যালকিল গ্রুপ অবিকৃত থাকে এবং কার্যকরী গ্রুপ অংশগ্রহণ করে তা নীচের বিক্রিয়ায় দেখানো হল :



প্রশ্ন : **2.1** অ্যালকিল গ্রুপ ও অ্যালকেনের মধ্যে সম্পর্ক কি ?

2.2 নীচের গ্রুপগুলির নাম লেখ :

$—CH_3$, $CH_3CH_2CH_2—$, $CH_3—CH(—)—CH_3$,

$CH_3—C(CH_3)(—)—CH_3$, $CH_2=CH—$, $CH_2=CH—CH_2—$

2.3 CH_3OH, C_2H_5OH, C_3H_7OH এই যৌগগুলির ভৌতধর্ম পৃথক হলেও রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে মূলগত সাদৃশ্য থাকে কেন ?

2.4 দুটি সম্পৃক্ত ও দুটি অসম্পৃক্ত কার্যকরী গ্রুপের নাম ও সংকেত লেখ।

2.5 উদাহরণ দাও (নাম ও সংকেত লেখ) :

(i) কার্বনযুক্ত 3টি কার্যকরী মূলক, (ii) অক্সিজেনযুক্ত 3টি কার্যকরী মূলক,
(iii) নাইট্রোজেনযুক্ত 3টি কার্যকরী মূলক।

2.6 নীচের যৌগগুলিতে কি কার্যকরী গ্রুপ উপস্থিত আছে ?

(i) CH_3CH_2OH (ii) $CH_3CH(OH)CH_3$
(iii) $CH_3CH_2NH_2$ (iv) $C_6H_5NO_2$
(v) $CH_3CH_2COOC_2H_5$ (vi) C_6H_5COOH
(vii) $CH_3CH_2COCH_3$ (viii) $CH_3—O—CH_3$
(ix) $CH_3CH=CH_2$ (x) $CH_3C\equiv CH$
(xi) $CH_3CH(OH)CH_2CHO$ (xii) $CH_3CH=CHCHO$

2.2 সমগণীয় শ্রেণী (Homologous series)

জৈব যৌগের সংখ্যা সুপ্রচুর হলেও কার্যকরী গ্রুপ অনুযায়ী জৈব যৌগসমূহের অধিকাংশকে কয়েকটি প্রধান শ্রেণীতে ভাগ করে নেওয়া যায়। যেমন, হাইড্রোকার্বন, ইথার, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন ইত্যাদি। প্রত্যেক শ্রেণীর সদস্যবৃন্দের আণবিক গঠন একই প্রকারের হওয়ায় এদের ধর্মের মধ্যে অনেক সাদৃশ্য থাকে এবং প্রত্যেক শ্রেণীর সদস্যবৃন্দকে একটি সাধারণ সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়। **এইরূপ একই মৌলদ্বারা গঠিত এবং একই সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশযোগ্য সমধর্মী জৈব যৌগসমূহকে আণবিক ওজনের ক্রমবৃদ্ধি অনুযায়ী সাজালে যদি একটি শ্রেণী উৎপন্ন হয় যার পাশাপাশি দুটি সদস্যের আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য হয় CH_2, তবে এই শ্রেণীকে সমগণীয় শ্রেণী বলে এবং এই শ্রেণীর প্রত্যেক সদস্যকে সমগণ (Homologue) বলে।** সমগণীয় শ্রেণীর নিম্নের বৈশিষ্ট্যগুলি থাকে : (1) সমগণীয় শ্রেণীর সদস্যবৃন্দ একই মৌল দ্বারা গঠিত, এদের আণবিক গঠন একই প্রকারের এবং এদের একটি সাধারণ সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়, (2) আণবিক ওজনের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সাজালে পাশাপাশি দুই সদস্যের আণবিক সংকেতের পার্থক্য হয় CH_2 (আণবিক ওজনের পার্থক্য হয় 14), (3) সদস্যবৃন্দকে একই ধরনের পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়, (4) সদস্যবৃন্দের আণবিক ওজনের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে ভৌত ধর্মের নিয়মিত ক্রমিক পার্থক্য ঘটে, (5) সদস্যবৃন্দের রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে প্রচুর সাদৃশ্য থাকে।

উদাহরণস্বরূপ : অ্যালকেনসমূহ একটি সমগণীয় শ্রেণী গঠন করে। (1) অ্যালকেনের সদস্যগণ যেমন মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6), প্রপেন (C_3H_8), বিউটেন (C_4H_{10}) ইত্যাদি একই মৌল কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত এবং এদের প্রত্যেককেই একই সাধারণ সংকেত C_nH_{2n+2} (n একটি পূর্ণসংখ্যা) দিয়ে প্রকাশ করা যায় এবং এদের আণবিক গঠনও একই ধরনের, (2) আণবিক ওজনের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সাজালে দেখা যায় পাশাপাশি দুই সদস্যের মধ্যে আণবিক সংকেতের পার্থক্য CH_2 (C_2H_6 ও CH_4-এর মধ্যে আণবিক সংকেতের পার্থক্য CH_2 ; C_3H_8 ও C_2H_6-এর মধ্যে আণবিক সংকেতের পার্থক্য CH_2 ইত্যাদি), (3) অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ, অ্যালকিনের অনুঘটক ঘটিত বিজারণ, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম ঘটিত লবণের সোডালাইম সহযোগে উত্তাপন ইত্যাদি প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি দ্বারা এদের প্রস্তুত করা যায় ; (4) আণবিক ওজনের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে এদের ভৌত ধর্মের মোটামুটি নিয়মিত পরিবর্তন ঘটে ; যেমন গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনত্ব নিয়মিত বাড়ে (দু-একটা ক্ষেত্র ছাড়া), ভৌতাবস্থা গ্যাস থেকে তরল, তরল থেকে কঠিনে পরিবর্তিত হয়, (5) এদের রাসায়নিক ধর্মের

মধ্যেও প্রচুর সাদৃশ্য বিদ্যমান ; যথা, এরা সুস্থিত এবং রাসায়নিক ভাবে অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় পদার্থ, এদের মুখ্য বিক্রিয়া প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (যেমন, এরা ক্লোরিনের সঙ্গে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ নেয়) ইত্যাদি।

সমগণীয় শ্রেণীর গুরুত্ব হল যদি কোন সমগণীয় শ্রেণীর প্রস্তুতির সাধারণ প্রণালী এবং সাধারণ ধর্মসমূহ জানা থাকে, তবে এই শ্রেণীর যে কোন সদস্যের প্রস্তুতি প্রণালী ও ধর্ম মোটামুটি নির্ভুলভাবে বলে দেওয়া যায়। প্রত্যেক শ্রেণীরই একটি করে সদস্য আছে যাকে সেই শ্রেণীর প্রতিনিধিস্থানীয় বলা যায়, অর্থাৎ অন্যান্য সদস্যের প্রস্তুতি প্রণালী ও ধর্ম এই সদস্যের অনুরূপ। তাহলে, সুপ্রচুর সংখ্যক জৈব যৌগকে কয়েকটি সমগণীয় শ্রেণীতে ভাগ করে প্রত্যেক সমগণীয় শ্রেণীর একটি প্রতিনিধিস্থানীয় যৌগের প্রস্তুতি প্রণালী, ধর্ম ও বিক্রিয়া আলোচনা দ্বারা জৈব যৌগসমূহ সম্বন্ধে সম্যক ধারণা করা সম্ভব। ফলে জৈব রসায়নের আলোচনা সহজতর হয়। জৈব রসায়নের আলোচনা প্রকৃতপক্ষে বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীর আলোচনা একথা বললে অত্যুক্তি হয় না। এখানে একটা কথা মনে রাখা প্রয়োজন যে, সমগণীয় শ্রেণীর প্রথম সদস্য অনেক সময় অন্যান্য সদস্য থেকে প্রস্তুত প্রণালীতে ও ধর্মে বিভিন্ন হয়। যেমন, অ্যালডিহাইড শ্রেণীর প্রথম সদস্য ফরম্যালডিহাইড (HCHO) অন্য অ্যালডিহাইডগুলি এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীর প্রথম সদস্য ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH) অন্য অ্যাসিডগুলি থেকে ভিন্ন বিশেষ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় এবং ফরম্যালডিহাইড ও ফরমিক অ্যাসিড নিজেদের সমগণীয় শ্রেণী থেকে পৃথক বিশেষ ধর্ম দেখায়। এর কারণ HCHO এবং HCOOH-এ কার্যকরী গ্রুপের সঙ্গে হাইড্রোজেনযুক্ত কিন্তু অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিড সমগণীয় শ্রেণীর অন্যান্য যৌগে কার্যকরী গ্রুপের সঙ্গে অ্যালকিল গ্রুপ যুক্ত থাকে। নীচে বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীর নাম, সাধারণ সংকেত এবং C_4 পর্যন্ত যৌগের আণবিক সংকেত (আণবিক গঠন ও নামের জন্য নামকরণ দ্রষ্টব্য) দেওয়া হল :

তালিকা 2.2 : সমগণীয় শ্রেণী—নাম, সাধারণ সঙ্কেত, C_4 পর্যন্ত যৌগের আণবিক সঙ্কেত

সমগণীয় শ্রেণীর নাম	কার্যকরী মূলক	সাধারণ সংকেত	C_4 পর্যন্ত যৌগের আণবিক সংকেত* (সংকেতের পাশে ব্র্যাকেটে সেই শ্রেণীর সমাবয়বের সংখ্যা দেখানো হল)
(1) প্যারাফিন বা অ্যালকেন		C_nH_{2n+2}	CH_4, C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10} (2)
(2) অলিফিন বা অ্যালকিন	C=C	C_nH_{2n}	C_2H_4, C_3H_6, C_4H_8 (3)
(3) অ্যাসিটিলিনসমূহ বা অ্যালকাইন	C≡C	C_nH_{2n-2}	C_2H_2, C_3H_4, C_4H_6 (2)
(4) মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল	OH	$C_nH_{2n+2}O$ বা, $C_nH_{2n+1}OH$ বা, R–OH	CH_3OH, C_2H_5OH C_3H_7OH (2) C_4H_9OH (4)
(5) ইথার [ইথার ও অ্যালকোহলের সাধারণ সংকেত একই। সুতরাং একই আণবিক সংকেতসম্পন্ন অ্যালকোহল ও ইথার সমাবয়বী (isomer)।]	–O–	$C_nH_{2n+2}O$	C_2H_6O, C_3H_8O, $C_4H_{10}O$ (3)

সমগণীয় শ্রেণীর নাম	কার্যকরী মূলক	সাধারণ সংকেত	C_4 পর্যন্ত যৌগের আণবিক সংকেত* (সংকেতের পাশে ব্র্যাকেটে সেই শ্রেণীর সমাবয়বের সংখ্যা দেখানো হল)
(6) অ্যালডিহাইড	$-CHO$	$C_nH_{2n}O$ বা, $C_nH_{2n+1}CHO$ বা, RCHO (R = H, বা অ্যালকিল)	HCHO, CH_3CHO, C_2H_5CHO, C_3H_7CHO (2)
(7) কিটোন [অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সাধারণ সংকেত একই। সুতরাং একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট অ্যালডিহাইড ও কিটোন সমাবয়বী হয়।]	$>C=O$	$C_nH_{2n}O$ বা, RCOR′ (R, R′ একই বা বিভিন্ন অ্যালকিল গ্রুপ)	CH_3COCH_3, $CH_3CH_2COCH_3$
(8) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড	$-COOH$	$C_nH_{2n}O_2$ বা, $C_nH_{2n+1}COOH$ বা, RCOOH (R = H, বা অ্যালকিল)	HCOOH, CH_3COOH, C_2H_5COOH, C_3H_7COOH (2)
(9) কার্বক্সিলিক এস্টার [কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও কার্বক্সিলিক এস্টারের সাধারণ সংকেত একই। সুতরাং একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও এস্টার সমাবয়বী হয়।]	$-COOR$	$C_nH_{2n}O_2$	$HCOOCH_3$, CH_3COOCH_3, (2) $CH_3COOC_2H_5$ (4)
(10) প্রাইমারী অ্যামিন	$-NH_2$	$C_nH_{2n+1}NH_2$ বা, RNH_2	CH_3NH_2, $C_2H_5NH_2$, $C_3H_7NH_2$ (2) $C_4H_9NH_2$ (4)

* লক্ষ্য কর যে কোন শ্রেণীতে পাশাপাশি দুটি সদস্যের মধ্যে আণবিক সংকেতের পার্থক্য CH_2

2.3 জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ (Classification of Organic compounds)

সমগণীয় শ্রেণীর আলোচনা প্রসঙ্গে জৈব যৌগের বিভিন্ন শ্রেণীর উল্লেখ করা হয়েছে। বিষয়টি এখানে একটু বিশদভাবে আলোচনা করা হল। কার্যকরী গ্রুপ ও সমগণীয় শ্রেণীর ধারণার উপর ভিত্তি করে জৈব যৌগসমূহের শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে। আবার সুবিধার্থে একই কার্যকরী গ্রুপযুক্ত যৌগসমূহকে অ্যালিফেটিক (মুক্ত শৃংখল) ও অ্যারোমেটিক যৌগে ভাগ করা হয়েছে।

(1) **হাইড্রোকার্বন ঃ** কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত দ্বি-যৌগকে হাইড্রোকার্বন বলে। হাইড্রোকার্বনসমূহকে আবার কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায় ঃ

হাইড্রোকার্বনসমূহ

- **আরোমেটিক** — উদাহরণ ঃ বেঞ্জিন, টলুইন, জাইলিন ইত্যাদি।
- **অ্যালিসাইক্লিক** — উদাহরণ ঃ সাইক্লোপেনটেন, সাইক্লোহেক্সেন, ইত্যাদি
- **অ্যালিফেটিক**
  - **সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন, অ্যালকেন বা প্যারাফিন** — উদাহরণ ঃ মিথেন, ইথেন ইত্যাদি
  - **অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন**
    - **অ্যালকিন** — উদাহরণ ঃ ইথিলিন, প্রপিলিন ইত্যাদি
    - **অ্যালকাইন** — উদাহরণ ঃ অ্যাসিটিলিন, মিথাইল অ্যাসিটিলিন ইত্যাদি।

প্যারাফিন বা অ্যালকেন ঃ শুধু কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত এই মুক্তশৃংখল যৌগসমূহের অণুর গঠনে (মিথেন ছাড়া—মিথেনে একটি কার্বন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত) প্রতিটি কার্বন পরমাণু তার পাশের এক বা একাধিক কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটিমাত্র সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা এবং কার্বনের অবশিষ্ট যোজ্যতাগুলি হাইড্রোজেনের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে।

অালফিন বা অ্যালকেন ঃ শুধু কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত এই মুক্তশৃংখল যৌগসমূহের অণুর গঠনে পাশাপাশি যে কোন দুটি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে একটি দ্বি-সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং এছাড়া কার্বনের যোজ্যতাগুলি কার্বন বা হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে।

অ্যালকাইন ঃ শুধু কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত এই মুক্তশৃংখল যৌগসমূহের অণুর গঠনে পাশাপাশি যে কোন দুটি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে একটি ত্রি-সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে এবং এছাড়া কার্বনের যোজ্যতাগুলি কার্বন বা হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে এক সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে।

(2) **হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজেন** জাতক (Halogen derivatives of hydrocarbons) ঃ হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে এই শ্রেণীর যৌগ উৎপন্ন করে। যেমন, CH_3X (মিথাইল হ্যালাইড), CH_2X_2 (মিথিলিন হ্যালাইড), CHX_3 (ট্রাইহ্যালোমিথেন বা হ্যালোফর্ম), CX_4 (কার্বন টেট্রাহ্যালাইড), [X=হ্যালোজেন পরমাণু]। উদাহরণ ঃ

CH_3CH_2Br ইথাইল ব্রোমাইড; $CH_3-CH(CH_3)-Cl$ আইসোপ্রপাইল ক্লোরাইড; $CHCl_3$ ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি

(3) **হাইড্রক্সি যৌগসমূহ ঃ** এই সব যৌগে এক বা একাধিক OH গ্রুপ উপস্থিত। একটি মাত্র হাইড্রক্সি গ্রুপযুক্ত যৌগসমূহকে আবার তিন ভাগে ভাগ করা যায়।

একটি –OH গ্রুপযুক্ত হাইড্রক্সি যৌগ

- **ফিনলসমূহ** — বেনজিন বলয়ের সঙ্গে OH যুক্ত থাকে যেমন, ফিনল, C_6H_5OH
- **অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল** — বেনজিন বলয়ের পার্শ্বশাখার সঙ্গে OH যুক্ত থাকে। যেমন, বেনজাইল অ্যালকোহল, $C_6H_5CH_2OH$
- **অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল (মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল)** অ্যালকিল মূলকের সঙ্গে OH যুক্ত থাকে। যেমন, CH_3OH, CH_3CH_2OH

অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল ঃ অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের অণুর H পরমাণু OH গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়েছে বলে মনে করা হয়। যেমন,

CH_4 মিথেন	CH_3OH মিথাইল অ্যালকোহল
CH_3-CH_3 ইথেন	CH_3-CH_2OH ইথাইল অ্যালকোহল
$CH_3-CH_2-CH_3$ প্রপেন	$CH_3CH_2\ CH_2OH$ নরমাল-প্রপাইল অ্যালকোহল
	$CH_3\ CH(OH)-CH_3$ আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল

আবার, অ্যালিফেটিক মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলকে তিন ভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(1) **প্রাইমারী অ্যালকোহল ঃ** যে অ্যালকোহলে OH গ্রুপ প্রাইমারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে প্রাইমারী অ্যালকোহল বলে ; সুতরাং এই অ্যালকোহলগুলির বৈশিষ্ট্য হল $-CH_2OH$ গ্রুপের উপস্থিতি। একযোজী CH_2OH গ্রুপের যোজ্যতাটি মিথাইল অ্যালকোহলে H এবং অন্যান্য প্রাইমারী অ্যালকোহলে অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা পরিতৃপ্ত হয়।

উদাহরণ ঃ

HCH_2OH, মিথাইল অ্যালকোহল; CH_3CH_2OH, ইথাইল অ্যালকোহল; $CH_3CH_2CH_2OH$, n-প্রপাইল অ্যালকোহল; $CH_3-CH(CH_3)CH_2OH$ আইসোবিউটাইল অ্যালকোহল

(2) **সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল ঃ** যে অ্যালকোহলে OH গ্রুপ সেকেন্ডারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল বলে ; —CHOH— গ্রুপের উপস্থিতি হল এই অ্যালকোহলগুলির বৈশিষ্ট্য। দ্বি-যোজী CHOH গ্রুপের যোজ্যতা দুটি অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা পরিতৃপ্ত হয়। যেমন,

$CH_3\ CHOH\ CH_3$; 2-প্রপানল; $CH_3\ CH(OH)CH_2CH_3$; 2-বিউটানল; $CH_3-CH(CH_3)-CHOH-CH_3$ 3-মিথাইল-2-বিউটানল

(3) **টারসিয়ারী অ্যালকোহল ঃ** যে অ্যালকোহলে OH গ্রুপ টারসিয়ারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাকে টারসিয়ারী অ্যালকোহল বলে ; $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH$ গ্রুপের উপস্থিতি হল এই অ্যালকোহলগুলির বৈশিষ্ট্য। ত্রি-যোজী COH গ্রুপের যোজ্যতা তিনটি অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা পরিতৃপ্ত হয়। যেমন,

$CH_3-C(CH_3)_2-OH$ টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল

বেনজিন বলয়ে একাধিক OH গ্রুপযুক্ত যৌগ বহু হাইড্রিক ফিনল (ডাই-, ট্রাই- ইত্যাদি) নামে পরিচিত।

একাধিক —OH যুক্ত অ্যালকোহল বহু হাইড্রিক অ্যালকোহল রূপে পরিচিত। যেমন,

ডাই হাইড্রিক অ্যালকোহল ঃ ইথিলিন গ্লাইকল, $CH_2OH.\ CH_2OH$

ট্রাই হাইড্রিক অ্যালকোহল ঃ গ্লিসারল, $CH_2OH.\ CHOH.\ CH_2OH$

(4) **ইথার :** ইথার হল দ্বি-যোজী কার্যকরী গ্রুপ —O— যুক্ত যৌগ, যেখানে অক্সিজেনের দুটি যোজ্যতাই জৈব মূলক দ্বারা পরিতৃপ্ত—অর্থাৎ, অক্সিজেন প্রত্যক্ষভাবে দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে।

(i) **অ্যালিফেটিক ইথার :** অক্সিজেনের দুটি যোজ্যতাই অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা পরিতৃপ্ত। এখন, অক্সিজেনের দুটি যোজ্যতাই যদি একই অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা পরিতৃপ্ত হয় তবে উৎপন্ন ইথারকে সরল ইথার বলে। অর্থাৎ, এই ইথারগুলিকে R—O—R এই সাধারণ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায়। যেমন, CH_3OCH_3 (ডাইমিথাইল ইথার), $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ (ডাইইথাইল ইথার)। আবার, অক্সিজেনের দুটি যোজ্যতা যদি দুটি বিভিন্ন অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে উৎপন্ন ইথারকে মিশ্র ইথার (R—O—R′) বলে (R, R′ হল অ্যালকিল গ্রুপ)। যেমন, $CH_3O\ C_2H_5$ (ইথাইল মিথাইল ইথার)।

(ii) **অ্যারোমেটিক ইথার :** অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত গ্রুপ দুটির একটি বা দুটিই অ্যারিল গ্রুপ হলে উৎপন্ন ইথারকে অ্যারোমেটিক ইথার বলে। যেমন, $C_6H_5OCH_3$ (ফিনাইল মিথাইল ইথার), $C_6H_5OC_6H_5$ (ডাইফিনাইল ইথার)।

(5) **অ্যালডিহাইড :** —CHO গ্রুপ যুক্ত যৌগকে অ্যালডিহাইড বলে।

(i) অ্যালিফেটিক অ্যালডিহাইড : —CHO হাইড্রোজেন বা অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে। যেমন : HCHO, CH_3CHO ইত্যাদি।

(ii) অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড : —CHO গ্রুপ অ্যারিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে। যেমন : C_6H_5CHO (বেনজ্যালডিহাইড)।

(6) **কিটোন :** $>C=O$ গ্রুপ যুক্ত যৌগ (কার্বনের অবশিষ্ট দুটি যোজ্যতার কোনটিই H-এর সঙ্গে যুক্ত নয়)।

(i) **অ্যালিফেটিক কিটোন :** কার্বনিল গ্রুপের কার্বনের অবশিষ্ট দুটি যোজ্যতাই অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা পরিতৃপ্ত। এখন, কার্বনিল কার্বনের দুটি যোজ্যতা একই অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত হলে উৎপন্ন কিটোনকে **সরল কিটোন (Simple ketone)** বলে।

সরল কিটোনকে $R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R$ এই সাধারণ সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়। যেমন, CH_3COCH_3 (ডাইমিথাইল কিটোন), $C_2H_5COC_2H_5$ (ডাইইথাইল কিটোন)। আবার, কার্বনিল কার্বনের দুটি যোজ্যতা দুটি বিভিন্ন অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত হলে উৎপন্ন কিটোনকে মিশ্র কিটোন (mixed ketone) (R—CO—R′) বলে। যেমন : $CH_3COC_2H_5$ (ইথাইল মিথাইল কিটোন)।

(ii) **অ্যারোমেটিক কিটোন :** কার্বনিল গ্রুপের অন্ততঃ একটি যোজ্যতা অ্যারিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত। যেমন : $C_6H_5COCH_3$ (অ্যাসেটোফেনোন), $C_6H_5COC_6H_5$ (বেনজোফেনোন)।

(7) **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড :** —COOH গ্রুপযুক্ত যৌগ।

(i) **অ্যালিফেটিক কার্বক্সিলিক অ্যাসিড :** —COOH গ্রুপ H বা অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত। যেমন : HCOOH (ফরমিক অ্যাসিড), CH_3COOH (অ্যাসিটিক অ্যাসিড), CH_3CH_2COOH (প্রোপিওনিক অ্যাসিড) ইত্যাদি।

একটিমাত্র —COOH গ্রুপযুক্ত যৌগকে এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড বলে। অনুরূপভাবে দুটি —COOH গ্রুপযুক্ত যৌগকে দ্বি-ক্ষারীয় ও তিনটি COOH গ্রুপযুক্ত যৌগকে ত্রি-ক্ষারীয় অ্যাসিড বলে।

দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড ঃ $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$ (অক্সালিক অ্যাসিড)

$CH_2\begin{matrix} \diagup COOH \\ \diagdown COOH \end{matrix}$ (ম্যালোনিক অ্যাসিড),

$\begin{matrix} CH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{matrix}$ (সাকসিনিক অ্যাসিড),

(ii) অ্যারোমেটিক কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ঃ –COOH গ্রুপ অ্যারিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত যৌগ। যেমন ঃ C_6H_5COOH (বেনজোয়িক অ্যাসিড)।

(৪) **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগ (Derivatives of carboxylic acids) ঃ**

(i) **অ্যাসিড হ্যালাইড ঃ** কার্বক্সিলিক গ্রুপ $-C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown OH \end{matrix}$ এর OH অংশ হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে অ্যাসিড হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড হ্যালাইডে $-C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown X \end{matrix}$ (X = হ্যালোজেন পরমাণু) উপস্থিত। যেমন, CH_3COCl (অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড), CH_3COBr (অ্যাসিটাইল ব্রোমাইড) ইত্যাদি। $R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-$ বা অ্যালকিল কিটো গ্রুপ অ্যাসাইল গ্রুপ নামে পরিচিত। $CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-$ গ্রুপ বা মিথাইল কিটো গ্রুপকে অ্যাসিটাইল গ্রুপ বলে।

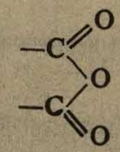
(ii) **অ্যাসিড অ্যামাইড ঃ** $-C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown OH \end{matrix}$ এর OH অংশ NH_2 দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে অ্যাসিড অ্যামাইড উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড অ্যামাইডে $-C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown NH_2 \end{matrix}$ উপস্থিত। যেমন, CH_3CONH_2 (অ্যাসিটামাইড)।

(iii) **এস্টার ঃ** —COOH এর হাইড্রোজেন অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে কার্বক্সিলিক এস্টার উৎপন্ন হয়। এস্টারে $-C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown OR \end{matrix}$ (R = অ্যালকিল গ্রুপ) উপস্থিত। যেমন, $HCOOCH_3$ (মিথাইল ফরমেট), $CH_3COOC_2H_5$ (ইথাইল অ্যাসিটেট)।

(iv) **অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড ঃ** দুই অণু কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে এক অণু জল অপসারিত হলে অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-\boxed{OH\quad H}O-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-R \xrightarrow{-H_2O} R-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-R$$

যেমন, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, $\begin{matrix} CH_3-C\diagup\!\!\diagup O \\ \qquad\quad \diagdown O \\ H_3C-C\diagdown\!\!\diagdown O \end{matrix}$ ($CH_3COOCOCH_3$)

অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডে  উপস্থিত থাকে।

(9) **অ্যামিন ঃ** অ্যামিনকে তিনভাগে ভাগ করা যায়।

(i) প্রাইমারী অ্যামিন ঃ $—NH_2$ গ্রুপ উপস্থিত থাকে।

(ii) সেকেণ্ডারী অ্যামিন ঃ $>NH$ (সেকেণ্ডারী অ্যামিনো গ্রুপ) গ্রুপ উপস্থিত থাকে।

(iii) টারসিয়ারী অ্যামিন ঃ $\geq N$ (টারসিয়ারী নাইট্রোজেন পরমাণু) উপস্থিত থাকে।

অ্যামিনগুলি আবার অ্যালিফেটিক বা অ্যারোমেটিক হতে পারে।

(i) **অ্যালিফেটিক অ্যামিন ঃ**

প্রাইমারী অ্যামিন $—CH_3NH_2$

সেকেণ্ডারী অ্যামিন—$(CH_3)_2NH$

টারসিয়ারী অ্যামিন —$(CH_3)_3N$

(ii) **অ্যারোমেটিক অ্যামিন ঃ**

প্রাইমারী অ্যামিন $—C_6H_5NH_2$ (অ্যানিলিন)

সেকেণ্ডারী অ্যামিন—$C_6H_5NHCH_3$ (মিথাইল অ্যানিলিন)

টারসিয়ারী অ্যামিন —$C_6H_5N(CH_3)_2$ (ডাইমিথাইল অ্যানিলিন)

(10) **নাইট্রো যৌগ ঃ** $—NO_2$ গ্রুপ যুক্ত যৌগ।

(i) অ্যালিফেটিক নাইট্রো যৌগ ঃ $—NO_2$ গ্রুপ অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে। যেমন ঃ CH_3NO_2 (নাইট্রোমিথেন)।

(ii) অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ ঃ $—NO_2$ গ্রুপ অ্যারিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে। যেমন ঃ $C_6H_5NO_2$ (নাইট্রোবেঞ্জিন)।

প্রশ্ন ঃ **2.7** চারটি সমগণীয় শ্রেণীর নাম লেখ।

2.8 কোন সমগণীয় শ্রেণীর পাশাপাশি দুটি সদস্যের মধ্যে (i) আণবিক সংকেতের (ii) আণবিক ওজনের কি পার্থক্য থাকে ?

2.9 নীচের বিবৃতিগুলি ঠিক না ভুল ?

(i) সমগণীয় শ্রেণীর সদস্যদের একটি সাধারণ সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায় ;

(ii) কোন সমগণীয় শ্রেণীর প্রত্যেক সদস্যের মধ্যেই একই কার্যকরী গ্রুপ থাকে ;

(iii) একই সমগণীয় শ্রেণীর সদস্যদের ভৌতধর্ম একই হয় ;

(iv) একই সমগণীয় শ্রেণীর সদস্যদের রাসায়নিক ধর্মে কোন সাদৃশ্য থাকে না।

2.10 নিম্নলিখিত কার্যকরী গ্রুপযুক্ত সমগণীয় শ্রেণীর নাম ও সাধারণ সংকেত লেখ ঃ

(a) $C=C$ (b) $C\equiv C$ (c) OH (d) —O— (e) —CHO

(f) $C=O$ (g) —COOH

2.4 জৈব যৌগের নামকরণ (Nomenclature of organic compounds)

যে কোন বিজ্ঞান শিক্ষার প্রাথমিক ও অপরিহার্য অঙ্গ হল বৈজ্ঞানিক পরিভাষার (Scientific terminology) সঙ্গে পরিচিত হওয়া। রসায়নের ক্ষেত্রে রাসায়নিক যৌগের নামকরণ শিক্ষা বিশেষ প্রয়োজন।

জৈব যৌগের নামকরণ এমন হওয়া উচিত যাতে যৌগের নাম থেকে গঠন-সংকেত (structural formula) এবং গঠন-সংকেত থেকে নাম সহজেই প্রকাশ করা যায়। এখানে মনে রাখা প্রয়োজন, এমন অনেক যৌগ আছে যারা একাধিক নামে পরিচিত। নামকরণের বিভিন্ন পদ্ধতিতে একই যৌগের নাম বিভিন্ন হতে পারে। যদি কোন নির্দিষ্ট যৌগ একটিমাত্র নির্দিষ্ট নামেই পরিচিত হত তবেই হত আদর্শ অবস্থা। কিন্তু এখন যদি সে প্রচেষ্টা চালানো হয় যা অতীব অসুবিধাজনক ও কষ্টসাধ্য, তাহলে গত দেড় শতাব্দী ধরে রচিত বৈজ্ঞানিক প্রবন্ধাবলী পাঠে অসুবিধা দেখা দেবে।

জৈব রসায়নের বিকাশের প্রাথমিক পর্যায়ে অর্থাৎ ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রথমভাগে যখন যৌগের গঠন সম্বন্ধে বিশেষ কোন ধারণাই ছিল না, তখন বৈজ্ঞানিকগণ যৌগের গঠনের সঙ্গে সম্পর্কহীন বা প্রায় সম্পর্কহীন যে নামকরণ করেন তা **সাধারণ** (common বা trivial) নাম হিসাবে পরিচিত। এই নামের উৎপত্তি প্রায়শই জড়িত ছিল—যৌগের প্রাপ্তির প্রাকৃতিক উৎস, যৌগের প্রস্তুতির পদ্ধতি বা যৌগের বিশেষ ধর্মের সঙ্গে। আবার, অনেক সময় বৈজ্ঞানিকের নামের সঙ্গেও যৌগের নাম জড়িত ছিল। যেমন, প্রাপ্তির উৎস অনুসারে ফরমিক অ্যাসিড (লাল পিঁপড়ার থেকে প্রথম পাওয়া যায়—ল্যাটিন ফরমিকা (formica)-র অর্থ লাল পিঁপড়া), ইউরিয়া (urine থেকে), মার্স গ্যাস (জলাভূমি বা marshy land থেকে পাওয়া যায়), বিউটিরিক অ্যাসিড (মাখন থেকে Butyrum মানে মাখন), ল্যাকটিক অ্যাসিড, ভ্যানিলিন ইত্যাদি নামকরণ করা হয়েছে। আবার, ধর্ম অনুসারে গ্লুকোজ (স্বাদ মিষ্টি বলে—গ্রীক Glukos মানে মিষ্টি), ইন্ডিগো ইত্যাদি নাম এবং বৈজ্ঞানিকের নাম অনুসারে মিক্‌লার্‌ কিটোন (Michler's ketone), গ্রীগনার্ড বিকারক (Grignard's reagent), আবার কোন এক বারবারার নাম অনুসারে বারবিচুরিক অ্যাসিড (Barbituric acid) ইত্যাদি নামকরণ করা হয়েছে।

এই সাধারণ নাম যৌগের রাসায়নিক গঠন সম্বন্ধে কোন ধারণা দিতে অক্ষম এবং এই নাম স্মৃতিকে অযথা ভারাক্রান্ত করে। কিন্তু যে সব যৌগের নাম প্রায়শঃই ব্যবহৃত হয় তাদের ক্ষেত্রে এই সাধারণ নাম ব্যবহারই সুবিধাজনক। কারণ, এই নামগুলি সুপরিচিত এবং এদের পাল্টাতে অসুবিধা। অনেক সময় জটিল গঠন সমন্বিত যৌগ যেমন কুইনিন, স্ট্রিকনিন, মরফিন, পেনিসিলিন, ক্লোরেস্টেরল ইত্যাদি সাধারণ নামে প্রচলিত।

গত শতাব্দীর ষাটের দশক থেকে গাঠনিক তত্ত্বের (structural theory) বিকাশের সঙ্গে জৈব যৌগের গঠনভিত্তিক নামকরণের প্রচেষ্টা শুরু হয় এবং **সঞ্জাত নামকরণ** পদ্ধতি (Derived system) প্রচলিত হয়—এই পদ্ধতিতে কোন শ্রেণীর প্রথম সদস্য বা অন্য কোন সদস্যের সঞ্জাত হিসাবে অন্যান্য সদস্যদের নামকরণ করা হয়। সঞ্জাত নামকরণ পদ্ধতির পাশাপাশি সাধারণ নামকরণ পদ্ধতিও চলতে থাকে, আবার সঞ্জাত নামকরণ পদ্ধতিতেও দেখা গেল একই যৌগের বিভিন্ন নামকরণ সম্ভব। সুতরাং, জৈব যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে একটি সুসংবদ্ধ নিয়ম প্রণয়ন করার জন্য 1889 সালে আন্তর্জাতিক রাসায়নিক সম্মেলন (International Chemical Congress) একটি কমিটি গঠন করেন। 1892 সালে জেনেভাতে অনুষ্ঠিত আন্তর্জাতিক রাসায়নিক সম্মেলনে জৈব যৌগের নামকরণের নিয়মাবলী গৃহীত হয়—নামকরণের এই পদ্ধতি জেনেভা পদ্ধতি (Geneva system) নামে পরিচিত। এরপর 1919 সালে রসায়নের আন্তর্জাতিক সংঘ (International Union of Chemistry—সংক্ষেপে IUC) নামকরণের নিয়মাবলী প্রণয়নের ভার গ্রহণ করেন এবং 1930 সালে নামকরণের যে নিয়মাবলী প্রকাশ করেন তা IUC বা Liege নিয়মাবলী নামে পরিচিত। 1947 সালে বিশুদ্ধ ও ফলিত রসায়নের আন্তর্জাতিক সংস্থা (International Union of Pure

and Applied Chemistry—সংক্ষেপে IUPAC বা ইউপ্যাক) জৈব যৌগের নামকরণের জন্য নূতন এক কমিশন গঠন করেন এবং এই কমিশনের রিপোর্টে প্রকাশিত (1957 ও 1965 সালে) নিয়মাবলী অনুযায়ী নামকরণের পদ্ধতি **IUPAC** বা **ইউপ্যাক** পদ্ধতি নামে পরিচিত। প্রকৃতপক্ষে ইউপ্যাক পদ্ধতি হল জেনেভা ও IUC পদ্ধতির পরিশোধিত ও পরিবর্তিত রূপ। সাধারণ সরল যৌগসমূহের ক্ষেত্রে জেনেভা নাম, IUC নাম এবং ইউপ্যাক নামের মধ্যে পার্থক্য নাই। কার্বন শৃঙ্খলকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করার ব্যাপারে জেনেভা নামের সঙ্গে পার্থক্য থাকতে পারে। জটিলতর যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে জেনেভা নামের সঙ্গে ইউপ্যাক নামের পার্থক্য প্রকটিত হয়। এখানে একটা কথা উল্লেখ্য যে, জেনেভা নামকরণের মূল নীতি ছিল একটি যৌগকে একটিমাত্র নামে চিহ্নিত করা। IUC-ও এই নীতিই মেনে চলে। IUPAC এই নীতি প্রয়োগ করা অসুবিধাজনক বোধ করায় একটি যৌগের একাধিক নামের স্বীকৃতি দিয়েছে।

1. মুক্ত শৃঙ্খল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (প্যারাফিন) ঃ সাধারণ পদ্ধতি (Trivial system) ঃ সকল সদস্যের নামই 'এন' (ane) দিয়ে শেষ হয়। প্রথম চারটি সদস্য বিশেষ নামে পরিচিত—এই চারটি সদস্যের উপপদ (prefix) বহুদিন ব্যবহৃত নাম থেকে নেওয়া হয়েছে। পঞ্চম সদস্য থেকে যৌগে কার্বন সংখ্যা নির্দেশ করার জন্য গ্রীক বা ল্যাটিন সংখ্যা অনুযায়ী উপপদ ব্যবহার করা হয় (সাধারণত গ্রীক সংখ্যাই ব্যবহার করা হয়)। নীচে প্রথম দশটি সদস্যের সংকেত ও নাম দেওয়া হল ঃ

সংকেত	নাম	সংকেত	নাম
CH_4	মিথেন	C_6H_{14}	হেক্সেন
C_2H_6	ইথেন	C_7H_{16}	হেপ্টেন
C_3H_8	প্রপেন	C_8H_{18}	অক্টেন
C_4H_{10}	বিউটেন	C_9H_{20}	ননেন
C_5H_{12}	পেনটেন	$C_{10}H_{22}$	ডেকেন

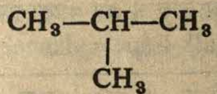
চারটি বা তার অধিক সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত প্যারাফিনের ক্ষেত্রে একই আণবিক সংকেত ও ভিন্ন গাঠনিক সংকেত সম্পন্ন দুই বা তার অধিক সংখ্যক যৌগের (আইসোমারের) অস্তিত্ব সম্ভব। যদি আইসোমারের সংখ্যা কম হয় তবে তাদের উপযুক্ত উপপদ দিয়ে পার্থক্য করা যায় ঃ

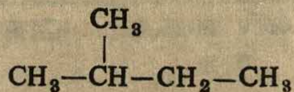
সরল শৃঙ্খল যৌগ **নরমাল** (বা n–) উপপদ দিয়ে, $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3—CH— \end{array}$ গ্রুপযুক্ত যৌগ **আইসো** উপপদ দিয়ে এবং $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3—C— \\ | \\ CH_3 \end{array}$ গ্রুপযুক্ত যৌগ নিও উপপদ দিয়ে চিহ্নিত করা হয়।

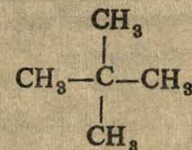
নীচে এই পদ্ধতিতে বিভিন্ন যৌগের নাম দেওয়া হল (জটিলতর সদস্যের নাম এই পদ্ধতিতে করা সম্ভব নয়) ঃ

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$
n-বিউটেন

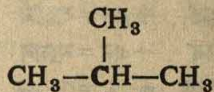
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$
n-পেন্টেন

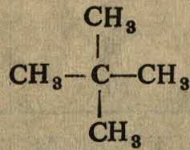

আইসোবিউটেন

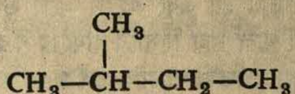

আইসোপেন্টেন

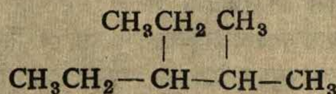

নিওপেন্টেন্

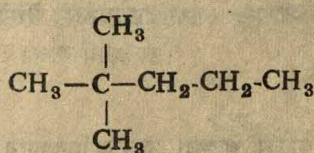
2. মিথেন সঞ্জাত যৌগ হিসাবে নামকরণ পদ্ধতি (Derived system) ঃ সব থেকে বেশী শাখাবিশিষ্ট কার্বনকে মিথেন কেন্দ্ররূপে ধরা হয় এবং এই কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল মূলকগুলিকে বর্ণানুক্রমে নাম করা হয়—কোন হাইড্রোজেন যুক্ত থাকলে তা উহ্য রাখা হয়। যেমন,

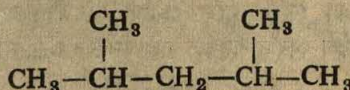

ট্রাইমিথাইল মিথেন


টেট্রামিথাইল মিথেন


ইথাইল ডাই-মিথাইল মিথেন


ডাই-ইথাইল আইসোপ্রপাইল মিথেন


ট্রাইমিথাইল নরমাল-প্রপাইল মিথেন


ডাইমিথাইল আইসোবিউটাইল মিথেন

(সব থেকে বেশী পার্শ্বশাখাযুক্ত C মোটা হরফে দেখানো হল)।

নরমাল যৌগ ব্যতীত অন্য যৌগকে এইভাবে নামকরণ করা হয়।

IUPAC বা ইউপ্যাক পদ্ধতি ঃ

(1) সম্পৃক্ত মুক্ত শৃংখল হাইড্রোকার্বনের সাধারণ নাম হল অ্যালকেন। এই শ্রেণীর শ্রেণী-প্রত্যয় (Class suffix) হল 'এন' (ane) অর্থাৎ, এই শ্রেণীর প্রতিটি যৌগের নাম 'এন' দিয়ে শেষ হয়।

(2) **সরল অ্যালকেনের ক্ষেত্রে** (Straight chain alkane) ঃ প্রথম চারটি সদস্যের নাম যথাক্রমে মিথেন, ইথেন, প্রপেন ও বিউটেন। পরবর্তী সদস্যসমূহের নাম সরল শৃংখলে উপস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যাবাচক গ্রীক বা ল্যাটিন মূল পদের (Stem name) সঙ্গে 'এন' প্রত্যয় যোগ করে করা হয়েছে (সাধারণ নামকরণ পদ্ধতি দ্রষ্টব্য)।

অ্যালকেনের সংক্ষিপ্ত আণবিক গঠন	কার্বন পরমাণুর সংখ্যা	মূলপদ	নাম অ্যালক্ + এন = অ্যালকেন (alk + ane = alkane)
CH_4	1	মিথ্	মিথ্ + এন = মিথেন
CH_3CH_3	2	ইথ্	ইথ্ + এন = ইথেন
$CH_3CH_2CH_3$	3	প্রপ্	প্রপ্ + এন = প্রপেন
$CH_3(CH_2)_2CH_3$	4	বিউট্	বিউট্ + এন = বিউটেন
$CH_3(CH_2)_3CH_3$	5	পেন্ট্	পেন্ট্ + এন = পেন্টেন
$CH_3(CH_2)_4CH_3$	6	হেক্স্	হেক্স্ + এন = হেক্সেন
$CH_3(CH_2)_5CH_3$	7	হেপ্ট্	হেপ্ট্ + এন = হেপ্টেন
$CH_3(CH_2)_6CH_3$	8	অক্ট্	অক্ট্ + এন = অক্টেন
$CH_3(CH_2)_7CH_3$	9	নন্	নন্ + এন = ননেন
$CH_3(CH_2)_8CH_3$	10	ডেক্	ডেক্ + এন = ডেকেন

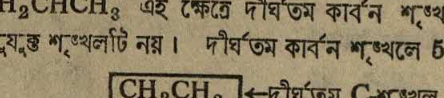
IUPAC পদ্ধতিতে সরল অ্যালকেনের নামের আগে নরমাল (বা *n*-) লেখা হয় না।

(3) পার্শ্বশাখাযুক্ত অ্যালকেনের নামকরণ করতে নীচের নিয়মগুলি অনুসরণ করা হয় :

(i) দীর্ঘতম ছেদহীন সরল C-শৃঙ্খল খুঁজে বার করা হয় এবং এই শৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বন সংখ্যাযুক্ত নরমাল অ্যালকেনের নাম যৌগটির নামকরণে মূল নাম হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (নরমাল অ্যালকেনের হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকিল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে পার্শ্বশাখাযুক্ত অ্যালকেন উৎপন্ন হয়েছে বলে ধরা হয়)। যদি দেখা যায় সমদৈর্ঘ্যের (সমান সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত) একাধিক কার্বন শৃঙ্খল বর্তমান, তবে অধিক সংখ্যক পার্শ্বশাখাযুক্ত শৃঙ্খলটি বেছে নেওয়া হয়। মনে রাখতে হবে কিভাবে যৌগের সংকেত লেখা হয়েছে তার উপর কিন্তু দীর্ঘতম সরল কার্বন শৃঙ্খল বাছা নির্ভর করে না।

CH_2CH_3

অর্থাৎ, $CH_3CH_2CHCH_3$ এই ক্ষেত্রে দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খল অনুভূমিকভাবে লেখা পরপর চারটি C-পরমাণুযুক্ত শৃঙ্খলটি নয়। দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলে 5টি কার্বন পরমাণু আছে :



(ii) দীর্ঘতম সরল শৃঙ্খলের কার্বন পরমাণুগুলি পরপর একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়—যে প্রান্ত থেকে কোন পার্শ্বশাখা সব থেকে কাছে সেই প্রান্ত থেকেই পরপর সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এতে পার্শ্বশাখা লঘিষ্ঠ সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হয়।

একাধিক পার্শ্বশাখাযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে যদি প্রথম পার্শ্বশাখা দুই প্রান্ত থেকে একই দূরত্বে থাকে, তবে যে প্রান্ত থেকে সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করলে প্রথম পার্থক্যের ক্ষেত্রে কমসংখ্যা ব্যবহার করা যায় সেই প্রান্ত থেকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

(iii) পার্শ্বশাখা হিসাবে উপস্থিত অ্যালকিল গ্রুপগুলিকে বর্ণানুক্রমে সাজান হয় এবং প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের অবস্থান অ্যালকিল গ্রুপটি যত সংখ্যক কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত সেই সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয়। (বর্ণানুক্রমে সাজাতে ইংরাজী বর্ণমালা ব্যবহার করা হয়)।

(iv) যদি একই অ্যালকিল গ্রুপ একাধিক সংখ্যায় থাকে, তবে ডাই (দ্বি), ট্রাই (ত্রি) ইত্যাদি উপযুক্ত উপপদ (prefix) দিয়ে তা দেখান হয় এবং প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের অবস্থানই সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয়।

[সংখ্যাগুলি পাশাপাশি থাকলে কমা দিয়ে এবং সংখ্যা ও পদের মধ্যে হাইফেন দিয়ে পার্থক্য করা হয়। শেষের গ্রুপ এবং মূল অ্যালকেন একসঙ্গে লেখা হয়। **এটি বিশেষভাবে মনে রাখতে হবে—ইচ্ছামত কমা, হাইফেন ব্যবহার করা যায় না বা ফাঁক দেওয়া যায় না।**]

উদাহরণ : (1)
$$\begin{array}{c} \quad CH_3 \\ \quad | \\ CH_3-CH-CH_3 \end{array}$$

নাম মিথাইলপ্রপেন (দীর্ঘতম সরল কার্বন-শৃংখলে 3টি C পরমাণু আছে। সুতরাং মূল অ্যালকেন হল প্রপেন। মাঝের C পরমাণুর সঙ্গে মিথাইল গ্রুপ যুক্ত। সুতরাং নাম মিথাইলপ্রপেন। মিথাইলপ্রপেন বলতে একটিই যৌগ বোঝায়, সুতরাং 2-মিথাইলপ্রপেন বলার দরকার নেই। যৌগটি আইসোবিউটেন নামেও পরিচিত।)

নীচের উদাহরণগুলিতে ডানদিকের লেখা নামগুলির মধ্যে কোন্‌টি ভুল এবং কোন্‌টি ঠিক বোঝানো হল :

(2)
$$\begin{array}{l} CH_3 \\ \quad | \\ CH_3\ CH\ CH_2\ CH_3 \end{array}$$

(i) ডাইমিথাইলপ্রপেন
(ii) 3-মিথাইলবিউটেন
(iii) 2-মিথাইলবিউটেন

উত্তর : (i) ভুল ; কারণ দীর্ঘতম ছেদহীন C-শৃংখলে 3টি নয় 4টি C পরমাণু আছে। সুতরাং মূল অ্যালকেন হল **বিউটেন, প্রপেন নয়।** (এখানে iনং নিয়ম মানা হয় নি)।

(ii) ভুল ; কারণ iনং নিয়ম অনুসারে মূল অ্যালকেন বিউটেন ঠিকই আছে। কিন্তু C-শৃংখল সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করতে (ii) নং নিয়ম মানা হয় নি। যে প্রান্ত থেকে পার্শ্বশাখা (এখানে CH_3 গ্রুপ) সব থেকে কাছে সেই প্রান্ত থেকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিতকরণ আরম্ভ হয় নি।

(iii) ঠিক ; মূল অ্যালকেন বিউটেন ঠিক আছে। মিথাইল গ্রুপের অবস্থান **(locant)** বাম প্রান্ত থেকে নিকটবর্তী।

(3)
$$\begin{array}{c} \qquad\quad CH_3 \\ \qquad\quad | \\ CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH_3 \end{array}$$

(i) 2-ইথাইলবিউটেন
(ii) মিথাইলপেন্টেন
(iii) 3-মিথাইলপেন্টেন

উত্তর : (i) ভুল ; কারণ, দীর্ঘতম ছেদহীন কার্বন-শৃংখলে চারটি নয় পাঁচটি কার্বন পরমাণু উপস্থিত। সুতরাং, মূল অ্যালকেন **বিউটেন নয়, পেন্টেন।** (iনং নিয়ম মানা হয় নি)।

(ii) ভুল ; কারণ, মূল অ্যালকেনপেন্টেন ঠিক আছে কিন্তু মিথাইল গ্রুপের স্থান **(locant)** নির্দেশ করা হয় নি। (iiiনং নিয়ম মানা হয় নি)।

(iii) ঠিক ; দীর্ঘতম ছেদহীন কার্বন-শৃংখলে পাঁচটি কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং মূল অ্যালকেন হল পেন্টেন। কার্বন-শৃংখলের 3নং কার্বন-পরমাণুর সঙ্গে পার্শ্বশাখা হিসাবে অ্যালকিল গ্রুপ মিথাইল উপস্থিত (দু প্রান্ত থেকেই মিথাইল গ্রুপের অবস্থান একই)। সুতরাং নাম 3-মিথাইলপেন্টেন (লক্ষ্য কর মিথাইলপেন্টেন একসঙ্গে লেখা হল) :

$$\begin{array}{c} \overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}H_2-\overset{3}{C}H-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$ 3-মিথাইলপেন্টেন

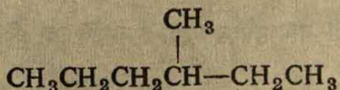
(4)
$$\begin{array}{l} \qquad CH_3 \\ \qquad | \\ CH_3-CH-CH_2CH_2CH_3 \end{array}$$

(i) ডাইমিথাইলবিউটেন
(ii) 4-মিথাইলপেন্টেন
(iii) 2-মিথাইলপেন্টেন

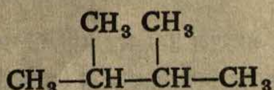
উত্তর ঃ (i) ভুল ; কারণ দীর্ঘতম ছেদহীন কার্বন-শৃংখলে চারটি নয় পাঁচটি কার্বন পরমাণু উপস্থিত। সুতরাং মূল অ্যালকেন বিউটেন নয় পেন্টেন (iনং নিয়ম মানা হয় নি)।

(ii) ভুল ; কারণ, মূল অ্যালকেন পেন্টেন ঠিক আছে, কিন্তু পার্শ্বশাখা চিহ্নিতকরণ লঘিষ্ঠ সংখ্যা দ্বারা করা হয় নি (iiনং নিয়ম মানা হয় নি)। যে প্রান্ত থেকে কোন পার্শ্বশাখা সব থেকে কাছে সেই প্রান্ত থেকে কার্বন শৃংখল সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

(iii) ঠিক ; মূল অ্যালকেন পেন্টেন এবং পার্শ্বশাখা মিথাইল গ্রুপের অবস্থান লঘিষ্ঠ সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। পার্শ্বশাখার নিকটবর্তী প্রান্ত থেকে কার্বন-শৃংখল চিহ্নিত করলে 2নং কার্বন পরমাণুতে পার্শ্বশাখা হিসাবে মিথাইল গ্রুপ থাকে। সুতরাং, নাম 2-মিথাইলপেন্টেন।

(5) 

(i) 2-ইথাইলপেন্টেন
(ii) 4-মিথাইলহেক্সেন
(iii) 3-মিথাইলহেক্সেন
নাম ঃ 3-মিথাইলহেক্সেন

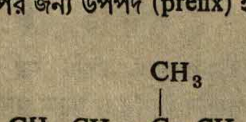
(6) 

(i) ডাই-মিথাইলবিউটেন
(ii) 2, 3-মিথাইলবিউটেন
(iii) 2, 3-ডাইমিথাইলবিউটেন

উত্তর ঃ (i) ভুল ; দীর্ঘতম কার্বন-শৃংখল অনুযায়ী মূল অ্যালকেন বিউটেন ঠিক আছে। কিন্তু দুটি মিথাইল গ্রুপের অবস্থান (locant) নির্দেশ করা নাই।

(ii) ভুল ; মূল অ্যালকেন বিউটেন ঠিক আছে। দুটি মিথাইল গ্রুপের অবস্থান 2, 3 ঠিক আছে। কিন্তু মিথাইল গ্রুপ দুটি আছে, তার জন্য উপযুক্ত **prefix** লেখা নাই। (ivনং নিয়ম মানা হয় নি)।

(iii) ঠিক ; মূল অ্যালকেন বিউটেন। দুটি মিথাইল গ্রুপের অবস্থান 2 ও 3 এবং দুটি মিথাইল গ্রুপের জন্য উপপদ (prefix) হল ডাই। সুতরাং নাম 2, 3-ডাইমিথাইলবিউটেন।

(7) 

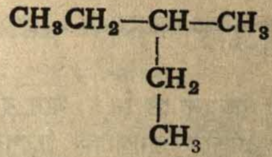
(i) 2-ডাইমিথাইলবিউটেন
(ii) 3, 3-ডাইমিথাইলবিউটেন
(iii) 2, 2-মিথাইলবিউটেন
(iv) 2, 2-ডাইমিথাইলবিউটেন

উত্তর ঃ (i) ভুল ; দীর্ঘতম ছেদহীন কার্বন-শৃংখল অনুযায়ী মূল অ্যালকেন বিউটেন ঠিক আছে। কিন্তু দুটি মিথাইল গ্রুপের অবস্থানই সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয় নি (ivনং নিয়ম মানা হয় নি)।

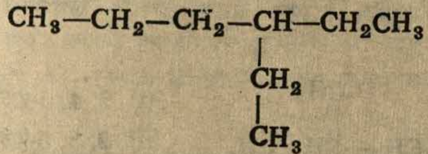
(ii) ভুল ; পার্শ্বশাখার নিকটবর্তী প্রান্ত থেকে কার্বন-শৃংখল সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয় নি (iiনং নিয়ম মানা হয় নি)।

(iii) ভুল ; মূল অ্যালকেন বিউটেন ঠিক আছে। দুটি মিথাইল গ্রুপের অবস্থান ঠিকই দেখানো হয়েছে ; কিন্তু দুটি মিথাইল গ্রুপের জন্য উপযুক্ত উপপদ অর্থাৎ 'ডাই' লেখা হয় নি।

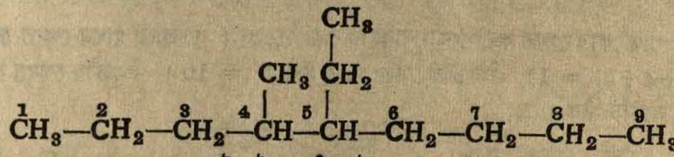
(iv) ঠিক ; মূল অ্যালকেন বিউটেন, দুটি মিথাইল গ্রুপের অবস্থান 2, 2 এবং দুটি মিথাইল গ্রুপের জন্য উপপদ ডাই সবই ঠিক আছে।

(8) 

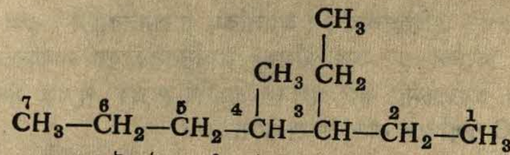
(i) 2-ইথাইলবিউটেন
(ii) 3-মিথাইলপেণ্টেন
নাম : 3-মিথাইলপেণ্টেন
(সংকেত কিভাবে লেখা হয়েছে তার উপর দীর্ঘতম সরল কার্বন-শৃংখল নির্ভর করে না)।

(9) 

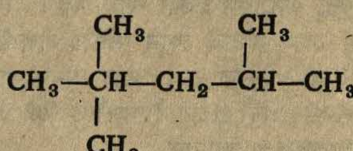
(i) 3-প্রপাইলপেণ্টেন
(ii) 4-ইথাইলহেক্সেন
(iii) 3-ইথাইলহেক্সেন
নাম : 3-ইথাইলহেক্সেন

(10) 

5-ইথাইল-4-মিথাইলননেন

(11) 

3-ইথাইল-4-মিথাইলহেপ্টেন।

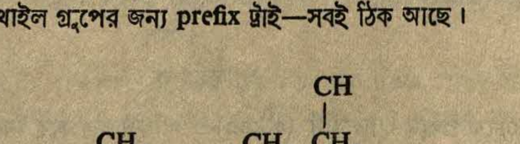
(12) 

(i) 2, 4, 4-ট্রাইমিথাইলপেণ্টেন
(ii) 2, 2-ডাইমিথাইল-4-মিথাইলপেণ্টেন
(iii) 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইলপেণ্টেন

উত্তর : (i) ভুল ; মূল অ্যালকেন পেণ্টেন ঠিক আছে। কিন্তু কার্বন-শৃংখল ভুল প্রান্ত থেকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে, ফলে অবস্থান লঘিষ্ঠ হয় নি।

(ii) ভুল ; মূল অ্যালকেন ও অবস্থান ঠিক আছে। কিন্তু মিথাইল গ্রুপের মোট সংখ্যা একবারে একটি উপপদ (prefix) দিয়ে নির্দেশ করা হয় নি।

(iii) ঠিক ; মূল অ্যালকেল পেণ্টেন, তিনটি মিথাইল গ্রুপের লোকাণ্ট 2, 2, 4 এবং তিনটি মিথাইল গ্রুপের জন্য prefix ট্রাই—সবই ঠিক আছে।

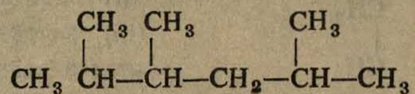
(13) 

(i) 3-ইথাইল-4, 6-ডাইমিথাইলহেপ্টেন
(ii) 2, 4-ডাইমিথাইল-5-ইথাইলহেপ্টেন
(iii) 5-ইথাইল-2,4-ডাইমিথাইলহেপ্টেন।

উত্তর : (i) ভুল ; ভুল প্রান্ত থেকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। প্রথম পার্শ্বশাখার নিকটবর্তী প্রান্ত থেকে করা হয় নি।

(ii) ভুল ; অ্যালকিল মূলকগুলিকে বর্ণানুক্রমে সাজানো হয় নি। মনে রাখ, অ্যালকিল মূলকগুলির বর্ণানুক্রম নির্ধারণে **prefix** ডাই, ট্রাই ইত্যাদিকে অ্যালকিল গ্রুপের নামের অংশ হিসাবে ধরা হয় না।

(iii) ঠিক ; মূল অ্যালকেন হেপ্টেন, লঘিষ্ঠ অবস্থান 2, 4 ও 5, অ্যালকিল গ্রুপগুলি বর্ণানুক্রমে সাজানো হয়েছে এবং মিথাইল গ্রুপের আগে উপযুক্ত উপপদ (prefix) 'ডাই' বসানো হয়েছে।

(14) 

(i) 2, 4, 5-ট্রাইমিথাইলহেক্সেন

(ii) 2, 3, 5-ট্রাইমিথাইলহেক্সেন

নাম : 2, 3, 5-ট্রাইমিথাইলহেক্সেন।

প্রথম পার্থক্যের ক্ষেত্রে কম সংখ্যা ব্যবহার করা হয়েছে। তাছাড়া প্রথম ক্ষেত্রে লোকান্টগুলির যোগফল $(2+4+5) = 11$, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $(2+3+5) = 10$। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে যোগফল কম। তাই দ্বিতীয় নামটি ঠিক।

● অ্যালকিন, অ্যালকাইন, মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহের IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণের নিয়মাবলী :

প্রথমে মুক্তশৃংখল অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (অ্যালকিন ও অ্যালকাইন) এবং মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহের নামকরণের IUPAC পদ্ধতির সাধারণ নিয়মগুলি আলোচনা করা হল। তারপর পৃথক পৃথক সমগণীয় শ্রেণীর সদস্যদের পুরানো ও IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ দেখানো হল।

IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ সম্বন্ধে একটি কথা উল্লেখ্য। নামকরণের নিয়মগুলিকে ইংরাজী থেকে বাংলায় তর্জমা করার সময় কিছু অসুবিধা হওয়া স্বাভাবিক। কিন্তু কোনক্রমেই মূল থেকে বিচ্যুত হওয়া ঠিক নয়। যেমন, কোন সময়েই কোন শ্রেণীর মূল উপপদ (prefix) বা শ্রেণী প্রত্যয়ের (class suffix) পরিবর্তন করা বাঞ্ছনীয় নয়। তবে অন্যত্র সামান্য পরিবর্তন করে নেওয়া যেতে পারে। যেমন, অ্যালকোহলের শ্রেণী প্রত্যয় ইংরাজীতে 'ol' এবং alkane-এর 'e'-এর পরিবর্তে 'ol' যোগ করে অনুষঙ্গী অ্যালকোহল পাওয়া যায় :

$$\text{Alkane} \xrightarrow[+\text{ol}]{-\text{e}} \text{Alkanol}$$

কিন্তু বাংলাতে এভাবে করা সম্ভব নয়। তবে বাংলায় মূল শ্রেণী প্রত্যয় 'অল' বজায় রেখে এভাবে নামকরণ করা সম্ভব :

অ্যালকেন —(−এন)→ অ্যালক —(+আন্)→ অ্যালকান্ —(+অল)→ অ্যালকানল

অর্থাৎ, অ্যালকেন (alkane)-কে প্রথমে অ্যালকান্ (alkan)-এ পরিবর্তিত করে নিয়ে তারপর উপযুক্ত শ্রেণী প্রত্যয় যোগ করা হল।

নীচে নামকরণের নিয়মগুলি আলোচনা করা হল। সুবিধার্থে ইংরাজীও সংক্ষেপে দেওয়া হল।

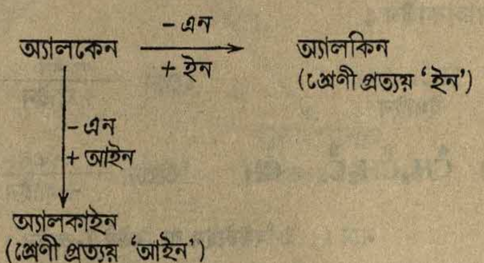
● মুক্তশৃঙ্খল অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের) IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ :

IUPAC পদ্ধতিতে অলিফিনের (অর্থাৎ C=C যুক্ত যৌগের) শ্রেণী প্রত্যয় হল 'ইন' (ene) এবং অ্যাসিটিলিনসমূহের শ্রেণী প্রত্যয় হল 'আইন' (yne) এবং এই দুই শ্রেণী যথাক্রমে অ্যালকিন (Alkene) ও অ্যালকাইন (Alkyne) শ্রেণী হিসাবে পরিচিত।

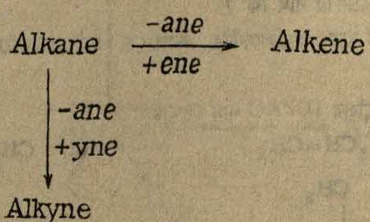
নামকরণের নিয়ম হল :

(1) কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনী যুক্ত দীর্ঘতম ছেদহীন কার্বন-শৃঙ্খল বেছে নেওয়া হয় এবং এই শৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বন সংখ্যা যুক্ত অ্যালকেনের জাতক হিসাবে যৌগটির নামকরণ করা হয়।

(2) অ্যালকেনের শ্রেণী প্রত্যয় 'এন'-এর পরিবর্তে কার্যকরী গ্রুপ অনুযায়ী উপযুক্ত শ্রেণী প্রত্যয় যোগ করা হয় (C=C যুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে ইন এবং C≡C যুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে আইন যোগ করা হয়)।



ইংরাজী নিয়ম



(3) যে প্রান্ত থেকে দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনী নিকটবর্তী সেই প্রান্ত থেকে দীর্ঘতম সরল শৃঙ্খলের কার্বন পরমাণুগুলি পরপর সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়।

(4) দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনী দিয়ে যুক্ত কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যে যে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা ক্ষুদ্রতর হয়, সেই সংখ্যা দিয়ে দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনীর অবস্থান নির্দেশ করা হয়।

দীর্ঘতম কার্বন-শৃঙ্খলের সঙ্গে যুক্ত কোন পার্শ্বশাখার অবস্থানও সংখ্যা দিয়ে নির্দেশ করা হয়।

(5) পার্শ্বশাখা হিসাবে উপস্থিত অ্যালকিল গ্রুপগুলিকে বর্ণানুক্রমে (ইংরাজী বর্ণমালা অনুযায়ী) সাজানো হয় এবং প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের অবস্থান অ্যালকিল গ্রুপটি যত সংখ্যক কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত সেই সংখ্যা দিয়ে নির্দেশ করা হয়।

(6) যদি একই অ্যালকিল গ্রুপ একাধিক সংখ্যায় থাকে তবে ডাই, ট্রাই ইত্যাদি উপযুক্ত উপপদ দিয়ে তা দেখানো হয় এবং প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের অবস্থানই সংখ্যা দিয়ে দেখানো হয়।

উদাহরণ ঃ

(A) অ্যালকিন ঃ

(i) $H_2C = CH_2$
ইথিন

দুটি কার্বন পরমাণুযুক্ত অনুষঙ্গী অ্যালকেন হল ইথেন। ইথেনের এন-এর পরিবর্তে 'ইন' যোগ করলে নাম হয় **ইথিন**।

(ii) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}H_2\overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$
1-বিউটিন

চারটি কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন বিউটেন থেকে হল বিউটিন। ডান প্রান্ত থেকে দ্বি-বন্ধনী কাছে আছে তাই ডানপ্রান্ত থেকে কার্বন-শৃংখল সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করলে দ্বি-বন্ধনীর অবস্থান 1 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হয়। (1 ও 2নং C পরমাণুর মধ্যে দ্বি-বন্ধনী আছে—ক্ষুদ্রতর সংখ্যা 1 দিয়ে দ্বি-বন্ধনীর স্থান নির্দেশ করা হয়েছে)। নাম হল **1-বিউটিন** বা **বিউট-1-ইন**।

(B) অ্যালকাইন ঃ

(i) $HC \equiv CH$ ইথেন $\xrightarrow[+\text{আইন}]{-\text{এন}}$ **ইথাইন**
ইথাইন

(ii) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}H_2\overset{2}{C} \equiv \overset{1}{C}H$ বিউটেন $\xrightarrow[+\text{আইন}]{-\text{এন}}$ বিউটাইন

নাম ঃ **1-বিউটাইন** বা **বিউট-1-আইন**।

প্রশ্ন ঃ 2.11 একটি C=C যুক্ত অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের IUPAC পদ্ধতিতে শ্রেণী প্রত্যয় কি ? এই শ্রেণীর নাম কি ?

2.12 একটি C≡C যুক্ত অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের শ্রেণী প্রত্যয় কি ? এই শ্রেণীর নাম কি ?

2.13 নীচের যৌগগুলির IUPAC নাম লেখ ঃ

(i) $CH_3CH{=}CH_2$, (ii) $CH_3CH{=}CHCH_3$

(iii) $CH_3\underset{}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}}{=}CH_2$, (iv) $CH_3C{\equiv}CH$ (v) $CH_3C{\equiv}CCH_3$

● একটি কার্যকরী গ্রুপযুক্ত মুক্তশৃঙ্খল যৌগের IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ ঃ মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহ।

প্রত্যেক শ্রেণীর যৌগের নিজস্ব শ্রেণী প্রত্যয় আছে। নীচে শ্রেণীগুলির শ্রেণী প্রত্যয় দেখানো হল ঃ

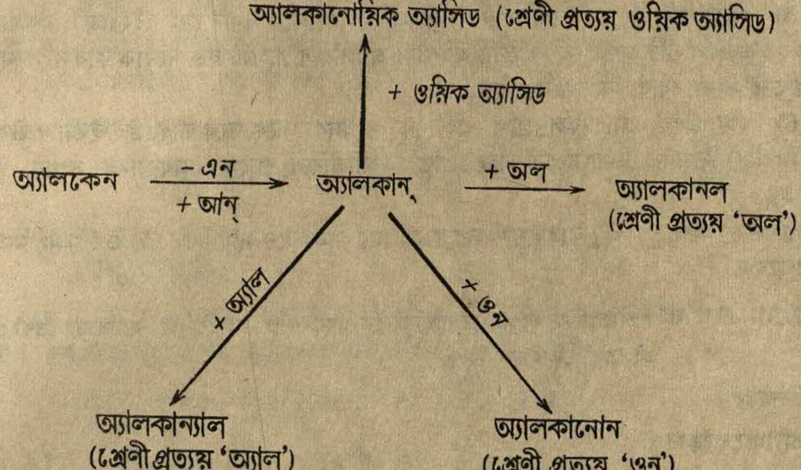
শ্রেণী	শ্রেণী প্রত্যয়
অ্যালকোহল	অল (ol)
অ্যালডিহাইড	অ্যাল (al)
কিটোন	ওন (one)
কার্বক্সিলিক অ্যাসিড	ওয়িক অ্যাসিড (oic acid)

নামকরণের পদ্ধতি পার্শ্বশাখাযুক্ত অ্যালকেনের নামকরণের অনুরূপ (পৃ 48)।

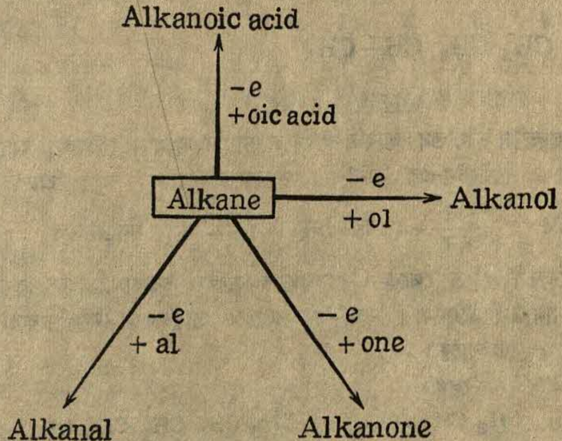
নিয়মগুলি হল ঃ

(i) কার্যকরী গ্রুপযুক্ত দীর্ঘতম ছেদহীন সরল কার্বন-শৃংখল বেছে নেওয়া হয় এবং এই শৃংখলে উপস্থিত কার্বন সংখ্যাযুক্ত অ্যালকেনের জাতক হিসাবে যৌগটির নামকরণ করা হয়।

(2) অ্যালকেনের শ্রেণী প্রত্যয় 'এন'-এর স্থলে 'আন্' করে তারপর উপযুক্ত শ্রেণী প্রত্যয় যোগ করা হয়। নীচের ছকে বিষয়টি দেখানো হল ঃ



ইংরাজী নিয়ম



অ্যালকোহল শ্রেণী **অ্যালকানল**, অ্যালডিহাইড শ্রেণী **অ্যালকান্যাল**, কিটোন শ্রেণী **অ্যালকানোন** এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণী **অ্যালকানোয়িক অ্যাসিড** শ্রেণীরূপে পরিচিত।

(3) দীর্ঘতম সরল কার্বন-শৃংখলের কার্বন পরমাণুগুলি একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত সংখ্যা দ্বারা পর পর এমনভাবে চিহ্নিত করা হয়, যেন

(i) **অ্যালকানলের ক্ষেত্রে** OH-যুক্ত কার্বন পরমাণু সম্ভাব্য ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হয় (অর্থাৎ, যে প্রান্ত থেকে OH নিকটবর্তী সেই প্রান্ত থেকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়)।

(ii) **অ্যালকানোনের ক্ষেত্রে** কিটো গ্রুপ সম্ভাব্য ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হয় (কিটো গ্রুপের C-পরমাণু সম্ভাব্য ক্ষুদ্রতম সংখ্যা পায়);

(iii) **অ্যালকান্যাল ও অ্যালকানোয়িক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে** কার্যকরী গ্রুপ (—CHO ও

—COOH) সর্বদা কার্বন-শৃঙ্খলের প্রান্তে থাকে, সুতরাং কার্যকরী মূলকের কার্বন পরমাণু সর্বদা 1 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করে কার্যকরী গ্রুপের প্রান্ত থেকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিতকরণ আরম্ভ করা হয়।

(4) কার্যকরী গ্রুপ (প্রয়োজন হলে) এবং দীর্ঘতম সরল কার্বন-শৃঙ্খলের সঙ্গে যুক্ত কোন পার্শ্বশাখার অবস্থান সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয়। [—CHO ও —COOH গ্রুপের ক্ষেত্রে সর্বদা এদের স্থান 1, সুতরাং তা আর উল্লেখ করা হয় না]।

(5) পার্শ্বশাখা হিসাবে উপস্থিত অ্যালকিল গ্রুপগুলিকে বর্ণানুক্রমে (ইংরাজী বর্ণমালার) সাজানো হয় এবং প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের অবস্থান অ্যালকিল গ্রুপটি যত সংখ্যক কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত সেই সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয়।

(6) যদি একই অ্যালকিল গ্রুপ একাধিক সংখ্যায় থাকে তবে ডাই, ট্রাই ইত্যাদি উপযুক্ত উপপদ (prefix) দিয়ে তা দেখানো হয় এবং প্রতিটি অ্যালকিল গ্রুপের অবস্থানই সংখ্যা দ্বারা দেখানো হয়।

পাঠ্যসূচী অন্তর্ভুক্ত C_4-কার্বনশৃঙ্খলযুক্ত যৌগের নামকরণে সাধারণত (5) ও (6) নং নিয়মের প্রয়োজন হবে না।

প্রশ্ন : 2.14 IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের শ্রেণী প্রত্যয় কি ? এই শ্রেণীগুলির নাম কি ?

উদাহরণ :

অ্যালকোহল :

(i) CH_3OH মিথানল   মিথেন $\xrightarrow[+\text{আন্}]{-\text{এন}}$ মিথান্ $\xrightarrow{+\text{অল}}$ **মিথানল**

(ii)
$$\overset{4}{CH_3}\ \overset{3}{CH_2}\ \underset{\large OH}{\overset{2}{CH}}-\overset{1}{CH_3}$$

OH-যুক্ত ছেদহীন দীর্ঘতম কার্বন-শৃঙ্খলে চারটি কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং মূল অ্যালকেন বিউটেন। বিউটেন-এর 'এন'-এর পরিবর্তে 'আন্' করে 'অল' যোগ করলে হয় বিউটানল : বিউটেন $\xrightarrow[+\text{আন্}]{-\text{এন}}$ বিউটান্ $\xrightarrow{+\text{অল}}$ বিউটানল

এবং OH-এর নিকটবর্তী প্রান্ত থেকে C-শৃঙ্খলকে সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করলে OH-এর স্থান হয় 2 ; সুতরাং নাম **2-বিউটানল**। 'অল'-এর আগেও তার স্থান নির্দেশ করা যেতে পারে—অর্থাৎ **বিউটান-2-অল** নামও হতে পারে।

প্রশ্ন : 2.15 IUPAC নাম লেখ :

(i) $CH_3\ CH_2\ OH$ (ii) $CH_3\ CH_2\ CH_2\ CH_2\ OH$

(iii)
$$CH_3-\underset{\large CH_3}{\overset{\large CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-OH$$

অ্যালডিহাইড :

(i) HCHO

একটি কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন মিথেন-এর 'এন'-এর পরিবর্তে 'আন্' করে 'অ্যাল' যোগ করা হয় : নাম **মিথান্যাল**। মিথেন $\xrightarrow[+\text{আন্}]{-\text{এন}}$ মিথান্ $\xrightarrow{+\text{অ্যাল}}$ **মিথান্যাল**

$$\text{(ii)}\quad CH_3-\underset{}{\overset{\displaystyle CH_3\atop|}{C}H}-CHO$$

CHO গ্রুপযুক্ত দীর্ঘতম কার্বন-শৃংখলে 3টি কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং মূল অ্যালকেন হল প্রপেন। প্রপেন-এর 'এন'-এর পরিবর্তে 'আন্' করে অ্যাল যোগ করলে হয় প্রপান্যাল। মিথাইল গ্রুপ প্রতিস্থাপক হিসাবে আছে—সুতরাং নাম **মিথাইলপ্রপান্যাল**। এখানে মিথাইল গ্রুপের অবস্থান সংখ্যা দিয়ে বলার দরকার নাই, কারণ মিথাইল গ্রুপের অবস্থান একটিই হতে পারে। অ্যালডিহাইড গ্রুপ (অ্যাল) সব সময় 1নং স্থানে থাকে, তাই তা আর উল্লেখ করা হয় না। (তবে 2-মিথাইলপ্রপান্যালও বলা হয়ে থাকে)।

প্রশ্ন 2.16 IUPAC নাম লেখ :

(i) CH_3CHO (ii) CH_3CH_2CHO (iii) $CH_3CH_2CH_2CHO$

কিটোন :

$CH_3\ COCH_3$

তিনটি C পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন প্রপেন-এর এন-এর পরিবর্তে আন্ করে পাওয়া যায় প্রপান্। এর সঙ্গে 'ওন' যোগ করলে নাম হয় **প্রপানোন**।

$$\text{প্রপেন}\ \xrightarrow[+\text{আন্}]{-\text{এন}}\ \text{প্রপান্}\ \xrightarrow{+\text{ওন}}\ \text{প্রপানোন}$$

প্রশ্ন : 2.17 IUPAC নাম লেখ : $CH_3\ CO\ CH_2\ CH_3$

কার্বক্সিলিক অ্যাসিড :

(i) HCOOH

একটি C পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন মিথেনের 'এন'-এর পরিবর্তে 'আন্' করলে পাওয়া যায় মিথান্। এর সঙ্গে ওয়িক অ্যাসিড যোগ করলে নাম হয় **মিথানোয়িক অ্যাসিড**।

$$\text{(ii)}\quad CH_3-\overset{\displaystyle CH_3\atop|}{C}H-COOH$$

COOH গ্রুপযুক্ত দীর্ঘতম কার্বন-শৃংখলে 3টি কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং মূল অ্যালকেন হল প্রপেন। প্রপেন-এর 'এন'-এর পরিবর্তে 'আন্' করে ওয়িক অ্যাসিড যোগ করলে হয় প্রপানোয়িক অ্যাসিড। মিথাইল গ্রুপ প্রতিস্থাপক হিসাবে আছে—সুতরাং নাম **মিথাইল-প্রপানোয়িক অ্যাসিড**। এখানে মিথাইল গ্রুপের অবস্থান একটিই হতে পারে, তাই এর অবস্থান বলার দরকার নেই। —COOH গ্রুপ (ওয়িক অ্যাসিড) সব সময় 1নং স্থানে থাকে, তাই তা আর এসব ক্ষেত্রে উল্লেখ করা হয় না। (2-মিথাইলপ্রপানোয়িক অ্যাসিডও বলা হয়।)

প্রশ্ন : 2.18 IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ কর :

(i) CH_3COOH, (ii) CH_3CH_2COOH,

$$\text{(iii)}\quad CH_3-\overset{\displaystyle CH_3\atop|}{C}H-CH_2COOH$$

অলিফিন বা অ্যালকিনসমূহের নামকরণ :

(i) সাধারণ পদ্ধতিতে অলিফিনের সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেনের নামের শেষের 'এন'-এর পরিবর্তে **'ইলিন (ylene)** বসিয়ে **অলিফিনের নামকরণ** করা হয়। দ্বি-বন্ধনীর

স্থানের পার্থক্যের জন্য সমাবয়বী যৌগসমূহের ক্ষেত্রে দ্বি-বন্ধনীর স্থান গ্রীক অক্ষর (α, β ইত্যাদি) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

$$CH_2 = CH_2 \quad \text{ইথেন} \xrightarrow[+\text{ইলিন}]{-\text{এন}} \text{ইথিলিন}$$

$$CH_3\ CH = CH_2 \quad \text{প্রপেন} \xrightarrow[+\text{ইলিন}]{-\text{এন}} \text{প্রপিলিন}$$

প্রশ্ন ঃ 2.19 সাধারণ নাম লেখ ঃ (i) $CH_3\ CH_2\ CH=CH_2$ (ii) $CH_3\ CH=CH\ CH_3$

(iii) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH_2$

(ii) সঞ্জাত পদ্ধতিতে ইথিলিনের জাতক হিসাবে অন্য অলিফিনগুলির নামকরণ করা হয়। যেমন, $CH_3\ CH = CH_2$-এর নাম হল মিথাইলইথিলিন।

(iii) IUPAC পদ্ধতি—নিয়মাবলীর জন্য পৃঃ 53 দ্রষ্টব্য।

নীচের সারণীতে C_4 পর্যন্ত অ্যালকিনসমূহের তিনটি পদ্ধতিতেই নাম উল্লেখ করা হল।

সারণী 2.3 ঃ C_4 পর্যন্ত অ্যালকিনসমূহের নাম

অ্যালকিনের গঠন	সাধারণ নাম	সঞ্জাত নাম	IUPAC নাম
$H_2C=CH_2$	ইথিলিন	ইথিলিন	ইথিন
$CH_3\ CH=CH_2$	প্রপিলিন	মিথাইলইথিলিন	প্রপিন
$CH_3\ CH_2\ CH=CH_2$	α-বিউটিলিন	ইথাইলইথিলিন	1-বিউটিন বা বিউট-1-ইন
$CH_3\ CH=CH\ CH_3$	β-বিউটিলিন	s—ডাইমিথাইল-ইথিলিন (s = symmetrical)	2-বিউটিন বা বিউট-2-ইন
$CH_3-\overset{\overset{CH_3}{\vert}}{C}=CH_2$	আইসোবিউটিলিন	as—ডাইমিথাইল-ইথিলিন (as = asymmetrical)	মিথাইলপ্রপিন (আইসোবিউটিন)

IUPAC পদ্ধতিতে অপর কয়েকটি অ্যালকিনের নামকরণের উদাহরণ ঃ

(1) $CH_3CH_2CH_2CH = CH_2$
1-পেন্টিন বা পেন্ট-1-ইন

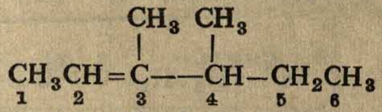
(2) $CH_3-CH_2CH = CHCH_3$
2-পেন্টিন বা পেন্ট-2-ইন

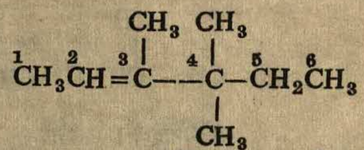
(3) $\overset{4}{C}H_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\overset{3}{C}H}-\overset{2}{C}H=\overset{1}{C}H_2$
3-মিথাইল-1-বিউটিন
বা, 3-মিথাইলবিউট-1-ইন

(4) $\overset{1}{C}H_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\overset{2}{C}}=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_3$
2-মিথাইল-2-বিউটিন
বা, 2-মিথাইলবিউট-2-ইন

(5) $\overset{1}{C}H_2=\overset{\overset{CH_3}{|}}{\overset{2}{C}}-\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_3$
2-মিথাইল-1-বিউটিন
বা, 2-মিথাইলবিউট-1-ইন

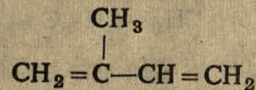
(6) $\underset{1}{CH_3}\underset{2}{CH}=\underset{3}{CH}-\underset{4}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}}-\underset{5}{CH_3}$
4-মিথাইল-2-পেন্টিন
বা, 4-মিথাইলপেন্ট-2-ইন

(7) 
3, 4-ডাইমিথাইল-2-হেক্সিন
বা, 3, 4-ডাইমিথাইলহেক্স-2-ইন

(8) 
3, 4, 4-ট্রাইমিথাইল-2-হেক্সিন
বা, 3, 4, 4-ট্রাইমিথাইলহেক্স-2-ইন

একাধিক C = C যুক্ত যৌগের নামকরণ :

(1) $CH_2=CH-CH=CH_2$
1, 3-বিউটাডাইইন
বা, বিউটা-1, 3-ডাইইন
(1, 3-Butadiene)

(2) 
2-মিথাইল-1, 3-বিউটাডাইইন
(2-methyl-1, 3-butadiene)
বা, 2-মিথাইলবিউটা-1, 3-ডাইইন
(2-Methylbuta-1, 3-diene)

অ্যাসিটিলিনসমূহ বা অ্যালকাইনসমূহের নামকরণ :

(1) একটি পদ্ধতিতে প্রথম যৌগ, $HC \equiv CH$, অ্যাসিটিলিন নামে পরিচিত এবং উচ্চতর যৌগসমূহ অ্যাসিটিলিনের একটি বা উভয় হাইড্রোজেন পরমাণুই অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন হয়েছে ধরে নিয়ে অ্যাসিটিলিনের অ্যালকিলজাতক হিসাবে নামকরণ করা হয়। যেমন, $CH_3\boxed{CH \equiv CH_2}$ হল মিথাইলঅ্যাসিটিলিন।

প্রশ্ন : 2.20 সাধারণ নাম লেখ : (I) $CH_3CH_2C\equiv CH$ (ii) $CH_3C\equiv CCH_3$

(2) IUPAC পদ্ধতি—নিয়মের জন্য পৃঃ 53 দ্রষ্টব্য।

নীচের সারণীতে C_4 পর্যন্ত অ্যালকাইনগুলির উভয় পদ্ধতিতেই নাম উল্লেখ করা হল।

সারণী 2.4 : C_4 পর্যন্ত অ্যালকাইনসমূহের নাম

অ্যালকাইনের গঠন	প্রথম পদ্ধতিতে নাম	IUPAC নাম
$HC\equiv CH$	অ্যাসিটিলিন	ইথাইন
$CH_3C\equiv CH$	মিথাইলঅ্যাসিটিলিন	প্রপাইন
$CH_3CH_2C\equiv CH$	ইথাইলঅ্যাসিটিলিন	1-বিউটাইন (বিউট-1-আইন)
$CH_3C \equiv CCH_3$	ডাইমিথাইলঅ্যাসিটিলিন	2-বিউটাইন (বিউট-2-আইন)

IUPAC পদ্ধতিতে অপর কয়েকটি অ্যালকাইনের নামকরণের উদাহরণ :

(1) $CH_3CH_2CH_2C\equiv CH$
1-পেন্টাইন (বা, পেন্ট-1-আইন)

(2) $CH_3CH_2C\equiv CCH_3$
2-পেন্টাইন (বা, পেন্ট--2-আইন)

(3)
$$\begin{array}{c} \quad\quad\;\; CH_3 \\ \quad\quad\;\; | \\ CH_3-CH-C\equiv CH \end{array}$$

3-মিথাইল-1-বিউটাইন
(বা, 3-মিথাইলবিউট-1-আইন)

(4)
$$\begin{array}{c} \overset{5}{C}H_3\overset{4}{C}H_2-\overset{3}{C}H-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

3-মিথাইল-1-পেণ্টাইন
(বা, 3-মিথাইলপেণ্ট-1-আইন)

(5)
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ \underset{5}{C}H_3-\underset{4}{C}H-\underset{3}{C}\equiv\underset{2}{C}-\underset{1}{C}H_3 \end{array}$$

4-মিথাইল-2-পেণ্টাইন
(বা, 4-মিথাইলপেণ্ট-2-আইন)

একাধিক C ≡ C যুক্ত যৌগের নামকরণ :

(1) $HC\equiv C-C\equiv CH$
1, 3-বিউটাডাইআইন
(বা, বিউটা-1, 3-ডাইআইন)

(2) $\overset{5}{C}H_3\overset{4}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H$
1, 3-পেণ্টাডাইআইন
(বা, পেণ্টা-1, 3-ডাইআইন)

(3)
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ H\underset{1}{C}\equiv\underset{2}{C}-\underset{3}{C}H-\underset{4}{C}\equiv\underset{5}{C}H \end{array}$$

3-মিথাইল-1, 4-পেণ্টাডাইআইন
(বা, 3-মিথাইলপেণ্টা-1, 4-ডাইআইন)

অ্যালকোহল বা অ্যালকানলসমূহের নামকরণ :

(1) সাধারণ পদ্ধতিতে —OH গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপের নামের পরে অ্যালকোহল বসিয়ে অ্যালকোহলসমূহের নামকরণ করা হয়। যেমন, CH_3OH হল মিথাইল অ্যালকোহল, CH_3CH_2OH হল ইথাইল অ্যালকোহল, $\begin{array}{c} \quad\;\; CH_3 \\ \quad\;\; | \\ CH_3-CHOH \end{array}$ হল আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল।

প্রশ্ন : 2.21 সাধারণ নাম লেখ : (i) $CH_3CH_2CH_2OH$, (ii) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

(iii) $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$, (iv) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$

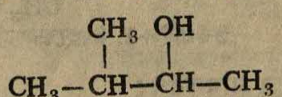
(2) **কার্বিনল পদ্ধতি :** মিথাইল অ্যালকোহলকে **কার্বিনল** বলা হয় এবং অন্য অ্যালকোহলগুলি মিথাইল অ্যালকোহলের CH_3 গ্রুপের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপনের দ্বারা উৎপন্ন হয়েছে ধরা হয়। OH-যুক্ত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপগুলির নামের পর C—OH অংশের জন্য কার্বিনল যোগ করে এই প্রথায় অ্যালকোহলসমূহের নামকরণ করা হয়। যেমন, $\boxed{CH_3}CH_2OH$ হল মিথাইল কার্বিনল, $\boxed{CH_3CH_2}CH(OH)\boxed{CH_3}$ হল ইথাইলমিথাইল কার্বিনল।

(3) IUPAC পদ্ধতিতে—নিয়মের জন্য পৃঃ 54-55 দ্রষ্টব্য।
সারণী 2.5-এ C_4 পর্যন্ত অ্যালকোহলগুলির তিনটি পদ্ধতিতেই নাম দেওয়া হল।

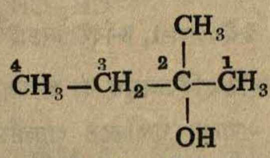
সারণী 2.5 : অ্যালকোহলসমূহের নাম

অ্যালকোহলের গঠন	সাধারণ নাম	কার্বিনল পদ্ধতিতে নাম	IUPAC নাম
CH_3OH	মিথাইল অ্যালকোহল	কার্বিনল	মিথানল
CH_3CH_2OH	ইথাইল অ্যালকোহল	মিথাইল কার্বিনল	ইথানল
$CH_3CH_2CH_2OH$	n-প্রপাইল অ্যালকোহল	ইথাইল কার্বিনল	1-প্রপানল (বা, প্রপান-1-অল)
CH_3CHCH_3 | OH	আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল	ডাইমিথাইল কার্বিনল	2-প্রপানল (প্রপান-2-অল)
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	n-বিউটাইল অ্যালকোহল	n-প্রপাইল কার্বিনল	1-বিউটানল (বা, বিউটান-1-অল)
$CH_3CH_2CHCH_3$ | OH	সেক-বিউটাইল অ্যালকোহল	ইথাইলমিথাইল কার্বিনল	2-বিউটানল (বা, বিউটান-2-অল)
CH_3 | $CH_3-CH-CH_2OH$	আইসোবিউটাইল অ্যালকোহল	আইসোপ্রপাইল কার্বিনল	2-মিথাইল-1-প্রপানল বা, 2-মিথাইলপ্রপান 1-অল
CH_3 | CH_3-C-CH_3 3 2 | 1 OH	টার্ট-বিউটাইল অ্যালকোহল	ট্রাইমিথাইল কার্বিনল	2-মিথাইল-2-প্রপানল (বা, 2-মিথাইলপ্রপান 2-অল)

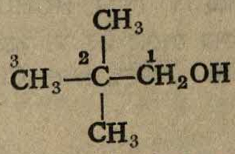
IUPAC পদ্ধতিতে অন্য কয়েকটি অ্যালকানলের নামকরণের উদাহরণ :

(1) 

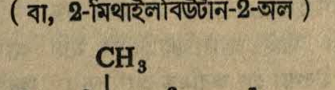
3-মিথাইল-2-বিউটানল
(বা, 3-মিথাইলবিউটান-2-অল)

(2) 

2-মিথাইল-2-বিউটানল
(বা, 2-মিথাইলবিউটান-2-অল)

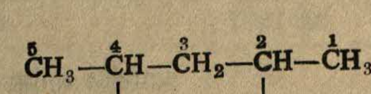
(3) 

2, 2-ডাইমিথাইল-1-প্রপানল
(বা, 2, 2-ডাইমিথাইলপ্রপান-1-অল)

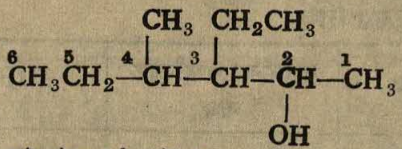
(4) 

3-মিথাইল-1-বিউটানল
(বা, 3-মিথাইলবিউটান-1-অল)

(5) $CH_3CH_2CH(OH)CH_2CH_2CH_3$
3-হেক্সানল (বা, হেক্সান-3-অল)

(6) 

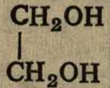
4-মিথাইল-2-পেন্টানল
(বা, 4-মিথাইলপেন্টান-2-অল)

(7) 

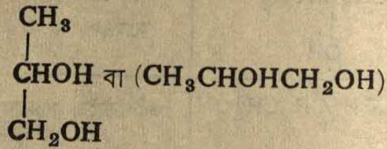
3-ইথাইল-4-মিথাইল-2-হেক্সানল
(বা, 3-ইথাইল-4-মিথাইলহেক্সান-2-অল)

দুই এবং তার অধিক OH গ্রুপযুক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রক্সি যৌগের নামকরণ :

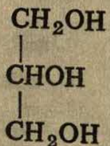
মূল হাইড্রোকার্বনের নামের পর (প্রত্যয় হিসাবে) ডাইঅল (দ্বিঅল) বা ট্রাইঅল (ত্রিঅল) যোগ করে এই যৌগগুলির নামকরণ করা হয়। প্রতিটি OH গ্রুপের স্থান নির্দেশ করা হয়।

(1) 

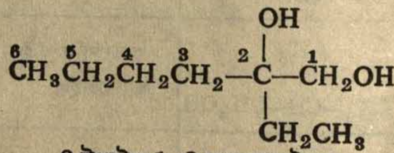
1, 2-ইথেনডাইঅল
(সাধারণ নাম ঃ ইথিলিন গ্লাইকল)

(2) 

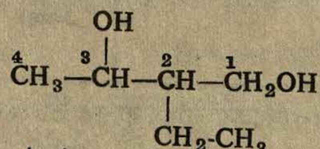
1, 2-প্রপেনডাইঅল (2,3-প্রপেনডাইঅল নয়)
(সাধারণ নাম ঃ প্রপিলিন গ্লাইকল)

(3) 

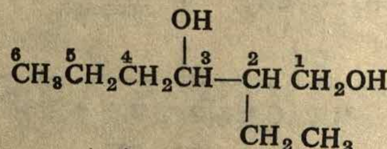
1, 2, 3-প্রপেনট্রাইঅল
(সাধারণ নাম ঃ গ্লিসারল বা গ্লিসারিন)

(4) 

2-ইথাইল-1, 2-হেক্সেনডাইঅল

(5) 

2-ইথাইল-1, 3-বিউটেনডাইঅল

(6) 

2-ইথাইল-1, 3-হেক্সেনডাইঅল

অ্যালডিহাইডসমূহ বা অ্যালকান্যালসমূহের নামকরণ :

(1) সাধারণ পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইডের জারণের ফলে যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় সেই অ্যাসিডের নামের শেষের 'ইক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে **অ্যালডিহাইড** যোগ করে অ্যালডিহাইডের নামকরণ করা হয়। (কার্বক্সিলিক অ্যাসিড অ্যালডিহাইডের থেকে আগে জানা ছিল। তাই অ্যালডিহাইডের নাম অ্যাসিড থেকে করা হয়েছে)। যেমন, HCHO-এর জারণের ফলে উৎপন্ন হয় ফরমিক অ্যাসিড। **ফরমিক অ্যাসিড**-এর নামের শেষের ইক অ্যাসিডের পরিবর্তে **অ্যালডিহাইড** বসালে HCHO-এর নাম হল ফরম্যালডিহাইড। অনুরূপভাবে CH_3CHO-এর নাম হল অ্যাসিট্যালডিহাইড।

$$CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিড

অ্যাসিটিক অ্যাসিড —(−ইক অ্যাসিড)→ অ্যাসিট
↓ +অ্যালডিহাইড
অ্যাসিট্যালডিহাইড

প্রশ্ন : 2.22 সাধারণ নাম লেখ : (i) CH_3CH_2CHO, (ii) $CH_3CH_2CH_2CHO$, (iii) $(CH_3)_2CHCHO$

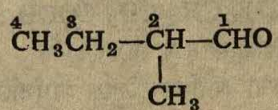
(2) **IUPAC পদ্ধতি**—নিয়মের জন্য পৃঃ 54-55 দ্রষ্টব্য।

নীচের সারণীতে C_4 পর্যন্ত অ্যালডিহাইডগুলির উভয় পদ্ধতিতে নাম দেওয়া হল।

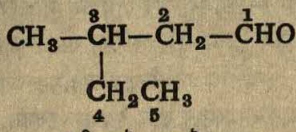
সারণী 2.6 C_4 পর্যন্ত অ্যালডিহাইডের নাম

অ্যালডিহাইডের গঠন	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
HCHO	ফরম্যালডিহাইড	মিথান্যাল
CH_3CHO	অ্যাসিট্যালডিহাইড	ইথান্যাল
CH_3CH_2CHO	প্রপিয়ন্যালডিহাইড (Propionaldehyde)	প্রপান্যাল
$CH_3CH_2CH_2CHO$	n-বিউটির‍্যালডিহাইড	বিউটান্যাল
CH_3 | $CH_3-CH-CHO$ 3 2 1	আইসোবিউটির‍্যালডিহাইড	মিথাইলপ্রপান্যাল (2-মিথাইলপ্রপান্যাল)

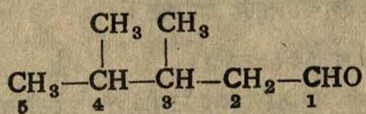
IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণের অন্য কয়েকটি উদাহরণ :

(1) 

2-মিথাইলবিউটান্যাল

(2) 

3-মিথাইলপেণ্টান্যাল

(3) 

3, 4-ডাইমিথাইলপেণ্টান্যাল

কিটোন বা অ্যালকানোনসমূহের নামকরণ :

(1) সাধারণ পদ্ধতিতে কিটো গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ দুটির নামের পর কিটোন যোগ করে কিটোনসমূহের নামকরণ করা হয়। যেমন, $\boxed{CH_3}CO\boxed{CH_2CH_3}$-তে কিটো (CO) গ্রুপের সঙ্গে ইথাইল ও মিথাইল দুটি অ্যালকিল গ্রুপ যুক্ত আছে, সুতরাং নাম হল ইথাইল মিথাইল কিটোন।

(2) **IUPAC পদ্ধতি**—নিয়মের জন্য পৃঃ 54-55 দ্রষ্টব্য।

2.7 সারণীতে C_4 পর্যন্ত কিটোনগুলির উভয় পদ্ধতিতে নাম দেওয়া হল।

সারণী 2.7 : C_4 পর্যন্ত কিটোনসমূহের নাম

কিটোনের গঠন	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
CH_3COCH_3	অ্যাসিটোন (ডাইমিথাইল কিটোন)	প্রপানোন
$CH_3COCH_2CH_3$	ইথাইল মিথাইল কিটোন	2-বিউটানোন

IUPAC পদ্ধতিতে অন্য কয়েকটি কিটোনের নাম :

(1) $CH_3COCH_2CH_2CH_3$
2-পেন্টানোন (বা, পেন্টান-2-ওন)

(2) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$
3-পেন্টানোন (বা, পেন্টান-3-ওন)

(3) $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H(CH_3)—\overset{4}{C}H_3$
3-মিথাইল-2-বিউটানোন
(বা, 3-মিথাইলবিউটান-2-ওন)

(4) $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H(CH_3)—\overset{5}{C}H_3$
4-মিথাইল-2-পেন্টানোন
(বা, 4-মিথাইলপেন্টান-2-ওন)

(5) $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}O\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_3$
2, 3-পেন্টাডাইওন
(বা, পেন্টা-2, 3-ডাইওন)

কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বা অ্যালকানোয়িক অ্যাসিড সমূহের নামকরণ

(1) **সাধারণ পদ্ধতি :** অনেক কার্বক্সিলিক অ্যাসিডই বহুদিন থেকে জানা, তাই এরা সাধারণত সাধারণ নামেই পরিচিত। এই নামগুলি সাধারণত হয়েছে তাদের প্রাপ্তির উৎস অনুযায়ী। যেমন, পিঁপড়ের পাতন থেকে প্রথম পাওয়া যায় বলে HCOOH-এর নাম ফরমিক অ্যাসিড। অনুরূপভাবে CH_3COOH হল অ্যাসিটিক অ্যাসিড (এই অ্যাসিডটি ভিনিগারের মুখ্য উপাদান—ভিনিগারের ল্যাটিন নাম 'অ্যাসিটাম'), $CH_3\ CH_2\ CH_2\ COOH$ হল বিউটিরিক অ্যাসিড (পচনশীল মাখনে পাওয়া যায়—ল্যাটিন 'বিউটিরাম' মানে মাখন), ইত্যাদি।

(2) দ্বিতীয় পদ্ধতিতে ফরমিক অ্যাসিড ছাড়া অন্য অ্যাসিডগুলিকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের জাতক হিসাবে নামকরণ করা হয়। যেমন,

CH_3 $\boxed{CH_2\ COOH}$ হল মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড।

(3) **IUPAC পদ্ধতি**—নিয়মের জন্য পৃঃ 54-55দ্রষ্টব্য।

নীচের সারণীতে C_4 পর্যন্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির তিনটি পদ্ধতিতেই নাম দেওয়া হল

সারণী 2.8 : C_4 পর্যন্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির নাম :

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের গঠন	সাধারণ নাম	সঞ্জাত নাম	IUPAC নাম
HCOOH	ফরমিক অ্যাসিড	—	মিথানোয়িক অ্যাসিড
CH_3COOH	অ্যাসিটিক অ্যাসিড	অ্যাসিটিক অ্যাসিড	ইথানোয়িক অ্যাসিড
CH_3CH_2COOH	প্রপিয়োনিক অ্যাসিড	মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড	প্রপানোয়িক অ্যাসিড
$CH_3CH_2CH_2COOH$	n-বিউটিরিক অ্যাসিড	ইথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড	বিউটানোয়িক অ্যাসিড
$\overset{3}{C}H_3\overset{2}{C}H(CH_3)–\overset{1}{C}OOH$	আইসোবিউটিরিক অ্যাসিড	ডাইমিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড	মিথাইলপ্রপানোয়িক অ্যাসিড (2-মিথাইলপ্রপানোয়িক অ্যাসিড)

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের নামকরণে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রত্যয়ও ব্যবহার করা হয়। তবে এক্ষেত্রে COOH-কে মূল অ্যালকেনের বাইরে রাখা হয়। যেমন, CH_3COOH হল মিথেন কার্বক্সিলিক অ্যাসিড। সরল কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির নামকরণে অবশ্য এই নাম কখনও ব্যবহৃত হয় না। যেক্ষেত্রে অন্য নাম ব্যবহার করা সহজ নয় সেক্ষেত্রে এই নাম ব্যবহৃত হয়—

$$\begin{array}{l} CH_2-CH-COOH \\ \,|\qquad\ \ | \\ CH_2-CH_2 \end{array}$$

যেমন, সাইক্লোবিউটেন কার্বক্সিলিক অ্যাসিড

● ইথারের নামকরণ :

(1) সাধারণত অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ দুটির নামের পর ইথার বসিয়ে ইথার সমূহের নামকরণ করা হয়। যেমন, $\boxed{CH_3}O\boxed{CH_2CH_3}$ হল ইথাইল মিথাইল ইথার।

প্রশ্ন : 2.23 নাম লেখ : (i) CH_3OCH_3 (ii) $C_2H_5OC_2H_5$ (iii) $CH_3OCH_2CH_2CH_3$ (iv) $CH_3OCH(CH_3)_2$

(2) **IUPAC পদ্ধতি :** অ্যালকেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকোক্সি গ্রুপ (OR) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়েছে ধরা হয়—বৃহত্তর অ্যালকিল গ্রুপকে অ্যালকেন হিসাবে ধরা হয়। সিমেট্রিকাল ইথারসমূহের (অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ দুটি একই) ক্ষেত্রে নামকরণের প্রথম পদ্ধতিই সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

যেমন, $CH_3O\overset{1}{C}H_2\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}H_3$ —এখানে দুটি অ্যালকিল গ্রুপের মধ্যে বৃহত্তর হল $CH_2CH_2CH_3$, সুতরাং অনুষঙ্গী অ্যালকেন প্রপেনের জাতক হিসাবে নামকরণ করা হয়। যে প্রান্ত থেকে OCH_3 গ্রুপ নিকটবর্তী সেই প্রান্ত থেকে সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করলে নাম হয় **1-মিথোক্সিপ্রপেন।**

নীচের সারণীতে C_4 পর্যন্ত ইথারগুলির উভয় পদ্ধতিতেই নাম দেওয়া হল।

সারণী 2.9 : C_4 পর্যন্ত ইথারের নাম

ইথারের গঠন	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
CH_3OCH_3	ডাইমিথাইল ইথার	মিথোক্সিমিথেন (ডাইমিথাইল ইথার)
$CH_3OCH_2CH_3$	ইথাইল মিথাইল ইথার	মিথোক্সিইথেন
$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	ডাইইথাইল ইথার	ইথোক্সিইথেন (ডাইইথাইল ইথার)
$CH_3OCH_2CH_2CH_3$	মিথাইল n-প্রপাইল ইথার	1-মিথোক্সিপ্রপেন
$CH_3OCH(CH_3)-CH_3$	মিথাইল আইসোপ্রপাইল ইথার	2-মিথোক্সিপ্রপেন

অ্যাসিড হ্যালাইড $\left(R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-X,\ X=\text{হ্যালেজেন পরমাণু}\right)$

$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}$ গ্রুপ অ্যাসাইল গ্রুপ নামে পরিচিত।

(1) **সাধারণ পদ্ধতিতে** অ্যাসিড হ্যালাইডের অনুষঙ্গী অ্যাসিডের নামের প্রত্যয় 'ইক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে 'আইল হ্যালাইড' (-yl halide) বসিয়ে অ্যাসিড হ্যালাইডের নামকরণ করা হয়।

উদাহরণ ঃ

(1) $CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-Cl$ নাম ঃ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড

$$\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড} \xrightarrow[+\text{আইল ক্লোরাইড}]{-\text{ইক অ্যাসিড}} \text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}$$

(2) $CH_3CH_2-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-Br$ নাম ঃ প্রপিওনাইল ব্রোমাইড

$$\text{প্রপিওনিক অ্যাসিড} \xrightarrow[+\text{আইল ব্রোমাইড}]{-\text{ইক অ্যাসিড}} \text{প্রপিওনাইল ব্রোমাইড}$$

প্রশ্ন ঃ 2.24 সাধারণ পদ্ধতিতে নাম লেখ ঃ (i) CH_3COBr (ii) CH_3CH_2COCl (iii) $(CH_3)_2CHCOCl$ (iv) $CH_3CH_2CH_2COBr$

(2) **IUPAC পদ্ধতিতে** অনুষঙ্গী অ্যাসিডের IUPAC নামের শেষের ইক অ্যাসিডের পরিবর্তে 'ইল হ্যালাইড' বসিয়ে অ্যাসিড হ্যালাইডের নামকরণ করা হয়। যেমন, CH_3COCl-এর অনুষঙ্গী অ্যাসিড হল ইথানোয়িক অ্যাসিড। 'ইক অ্যাসিডের' পরিবর্তে 'ইল ক্লোরাইড' বসালে নাম হল ইথানোয়িল ক্লোরাইড।

অনুরূপভাবে, CH_3CH_2COCl হল প্রপানোয়িল ক্লোরাইড

অন্যান্য উদাহরণ ঃ

(1) $CH_3CH_2CH_2COCl$
বিউটানোয়িল ক্লোরাইড

(2) $CH_3-\underset{}{\overset{\overset{\large CH_3}{|}}{C}}HCOCl$
মিথাইলপ্রপানোয়িল ক্লোরাইড

(3) CH_3COBr
ইথানোয়িল ব্রোমাইড

(4) CH_3CH_2COBr
প্রপানোয়িল ব্রোমাইড

● অ্যামাইডসমূহের নামকরণ ঃ

(1) সাধারণ পদ্ধতিতে অ্যামাইডের অনুষঙ্গী অ্যাসিডের নামের শেষের 'ইক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে অ্যামাইড বসিয়ে অ্যামাইডসমূহের নামকরণ করা হয়। যেমন, CH_3CONH_2-এর অনুষঙ্গী অ্যাসিড হল অ্যাসিটিক অ্যাসিড—এই অ্যাসিডের নামের শেষের 'ইক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে 'অ্যামাইড' বসালে নাম হল **অ্যাসিট্যামাইড**। অনুরূপভাবে $CH_3CH_2CONH_2$ হল প্রপিয়োন্যামাইড ঃ

$$\text{প্রপিয়োনিক অ্যাসিড} \xrightarrow[+\text{অ্যামাইড}]{-\text{ইক অ্যাসিড}} \text{প্রপিয়োন্যামাইড}$$

প্রশ্ন ঃ 2.25 সাধারণ নাম লেখ ঃ (i) $HCONH_2$ (ii) $CH_3CH_2CH_2CONH_2$ (iii) $CH_3-\overset{\overset{\large CH_3}{|}}{C}HCONH_2$

(2) **IUPAC পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে অনুষঙ্গী অ্যাসিডের IUPAC নামের শেষের 'ওয়িক অ্যাসিডের' পরিবর্তে 'অ্যামাইড' (amide) বসিয়ে অ্যামাইডের নামকরণ করা হয়।

উদাহরণ : CH_3CONH_2—অনুষঙ্গী অ্যাসিড, ইথানোয়িক অ্যাসিডের 'ওয়িক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে অ্যামাইড বসালে নাম হল ইথান+অ্যামাইড=**ইথান্যামাইড**।

অনুরূপভাবে, $CH_3CH_2CONH_2$ —এর নাম প্রপান্যামাইড

$CH_3CH_2CH_2CONH_2$ —এর নাম বিউটান্যামাইড

$$CH_3-\underset{}{\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}}HCONH_2$$ —এর নাম মিথাইলপ্রপান্যামাইড

● অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড :

(1) সাধারণ পদ্ধতিতে অ্যানহাইড্রাইডটি যে অ্যাসিডের সেই অ্যাসিডের নামের অ্যাসিডের পরিবর্তে অ্যানহাইড্রাইড লেখা হয়। যেমন, $CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3$ —এর নাম হল অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড।

প্রশ্ন : 2.26 $CH_3CH_2\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}CH_2CH_3$ —এর নাম কি ?

(2) **IUPAC পদ্ধতিতে** অ্যানহাইড্রাইডটি যে অ্যাসিডের সেই অ্যাসিডের **IUPAC** নামের শেষের অ্যাসিডের পরিবর্তে অ্যানহাইড্রাইড লেখা হয়। যেমন,

(i) $CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3$ —এর নাম হল ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড,

(ii) $(CH_3CH_2CO)_2O$ হল প্রপানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড।

● এস্টারসমূহের নামকরণ :

(1) সাধারণ পদ্ধতিতে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অ্যালকিল লবণ হিসাবে এস্টারের নামকরণ করা হয়। প্রথমে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপের নাম লেখা হয় এবং তারপর অ্যাসিডের নামের শেষের 'ইক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে 'এট' (ate) যোগ করা হয়। যেমন,

$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O\boxed{C_2H_5}$-এ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ হল ইথাইল এবং অ্যাসিড অংশ হল অ্যাসিটিক অ্যাসিড, সুতরাং নাম হল **ইথাইল অ্যাসিটেট**।

প্রশ্ন : 2.27 সাধারণ পদ্ধতিতে নাম লেখ : (i) CH_3COOCH_3, (ii) $CH_3CH_2COOCH_3$

(2) **IUPAC পদ্ধতি** : এই পদ্ধতিতেও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অ্যালকিল লবণ হিসাবে এস্টারের নামকরণ করা হয়। প্রথমে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপের নাম লেখা হয় এবং তারপর অ্যাসিডের IUPAC নামের শেষের 'ইক অ্যাসিড'-এর পরিবর্তে 'এট' (ate) বসানো হয়।

যেমন, $CH_3\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O\boxed{C_2H_5}$-এ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপ হল ইথাইল এবং অ্যাসিড অংশ হল ইথানোয়িক অ্যাসিড—সুতরাং নাম হল ইথাইল ইথানোয়েট।

2.10 নং সারণীতে C_4 পর্যন্ত এস্টারের উভয় পদ্ধতিতেই নাম দেওয়া হল।

সারণী 2.10 : C_4 পর্যন্ত এস্টারগুলির নাম

এস্টারের গঠন	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
$HCOOCH_3$	মিথাইল ফরমেট	মিথাইল মিথানোয়েট
$HCOOCH_2CH_3$	ইথাইল ফরমেট	ইথাইল মিথানোয়েট
CH_3COOCH_3	মিথাইল অ্যাসিটেট	মিথাইল ইথানোয়েট
$CH_3COOCH_2CH_3$	ইথাইল অ্যাসিটেট	ইথাইল ইথানোয়েট
$HCOOCH_2CH_2CH_3$	n-প্রপাইল ফরমেট	প্রপাইল মিথানোয়েট
$HCOOCH(CH_3)CH_3$	আইসোপ্রপাইল ফরমেট	আইসোপ্রপাইল মিথানোয়েট

● অন্য কয়েকটি এস্টারের IUPAC নাম :

(1) $CH_3CH(COOCH_3)-CH_2CH_3$ — মিথাইল 2-মিথাইলবিউটানোয়েট

(2) $CH_3CH(COOCH_3)CH_3$ — মিথাইল মিথাইলপ্রপানোয়েট
(প্রথম মিথাইল-এর পরে ফাঁক এবং দ্বিতীয় মিথাইল ও প্রপানোয়েট একসঙ্গে লিখতে হবে।)

(3) $CH_3CH(COOC_2H_5)CH_3$ — ইথাইল মিথাইলপ্রপানোয়েট।

অ্যাসিড	অ্যাসিড জাতক	পরিবর্তন
RCOOH অ্যালকানোয়িক অ্যাসিড উদাহরণ : CH_3COOH ইথানোয়িক অ্যাসিড	(1) অ্যাসিড ক্লোরাইড RCOCl অ্যালকানোয়িল ক্লোরাইড উদাহরণ : CH_3COCl ইথানোয়িল ক্লোরাইড	ইক অ্যাসিডের স্থলে ইল ক্লোরাইড
	(2) অ্যাসিড অ্যামাইড $RCONH_2$ অ্যালকান্যামাইড উদাহরণ : CH_3CONH_2 ইথান্যামাইড	ওয়িক অ্যাসিডের স্থলে অ্যামাইড
	(3) অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড RCOOCOR অ্যালকানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড উদাহরণ : $CH_3COOCOCH_3$ ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড	অ্যাসিডের স্থলে অ্যানহাইড্রাইড
	(4) এস্টার RCOOR অ্যালকিল অ্যালকানোয়েট উদাহরণ : CH_3COOCH_3 মিথাইল ইথানোয়েট	ইক অ্যাসিডের স্থলে 'এট'

● অ্যামিনসমূহের নামকরণ ঃ

(1) **সাধারণ পদ্ধতিতে** অ্যামিনো গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপের নামের শেষে অ্যামিন যোগ করে অ্যামিনসমূহের নামকরণ করা হয়। যেমন,

CH_3NH_2	মিথাইল অ্যামিন
$CH_3CH_2NH_2$	ইথাইল অ্যামিন
$CH_3CH_2CH_2NH_2$	n-প্রপাইল অ্যামিন
CH_3 | $CH_3-CH-NH_2$	আইসোপ্রপাইল অ্যামিন
$CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$	n-বিউটাইল অ্যামিন
CH_3 | $CH_3-CH-CH_2NH_2$	আইসোবিউটাইল অ্যামিন
$CH_3CH_2CHCH_3$ | NH_2	সেক্- বিউটাইল অ্যামিন
CH_3 | CH_3-C-NH_2 | CH_3	টার্ট-বিউটাইল অ্যামিন
CH_3NHCH_3	ডাইমিথাইল অ্যামিন
$CH_3NHCH_2CH_3$	ইথাইল মিথাইল অ্যামিন
CH_3 | CH_3-N-CH_3	ট্রাইমিথাইল অ্যামিন

(2) **IUPAC পদ্ধতিতে** অ্যামিনসমূহের নামকরণে 'অ্যামিনো' উপপদ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অ্যামিনো গ্রুপযুক্ত দীর্ঘতম কার্বনশৃংখলে উপস্থিত কার্বন-সংখ্যাযুক্ত অ্যালকেনের নামের আগে 'অ্যামিনো' উপপদ যোগ করা হয়—অ্যামিনো-র এবং কোন পার্শ্বশাখার স্থান সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয়। কার্বনশৃংখলকে সংখ্যা দ্বারা এমনভাবে চিহ্নিত করা হয় যাতে অ্যামিনো গ্রুপ সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হয়।

উদাহরণ ঃ

CH_3NH_2	অ্যামিনোমিথেন
$CH_3CH_2NH_2$	অ্যামিনোইথেন
$CH_3CH_2CH_2NH_2$	1-অ্যামিনোপ্রপেন
$CH_3\ CH\ CH_3$ | NH_2	2-অ্যামিনোপ্রপেন
$CH_3CH_2CH_2CH_2NH_2$	1-অ্যামিনোবিউটেন
$CH_3CH_2CH-CH_3$ | NH_2	2-অ্যামিনোবিউটেন

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2NH_2$ 1-অ্যামিনো-2-মিথাইলপ্রপেন

$CH_3-C(CH_3)_2-NH_2$ 2-অ্যামিনো-2-মিথাইলপ্রপেন

CH_3NHCH_3 মিথাইল অ্যামিনোমিথেন

$CH_3CH_2NHCH_3$ মিথাইল অ্যামিনোইথেন

$CH_3-N(CH_3)-CH_3$ ডাইমিথাইল অ্যামিনোমিথেন

• হাইড্রোকার্বনের হ্যালোজেন জাতকের নামকরণ ঃ

(1) **সাধারণ পদ্ধতিতে** অ্যামিনো যৌগের নামকরণের মতই হ্যালোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল গ্রুপের নামের পরে হ্যালাইড যোগ করে এই যৌগগুলির নামকরণ করা হয়।

উদাহরণ ঃ

CH_3Cl মিথাইল ক্লোরাইড

CH_3CH_2Br ইথাইল ব্রোমাইড

$CH_3CH(CH_3)I$ আইসোপ্রপাইল আয়োডাইড

$CH_3-C(CH_3)_2-Cl$ টার্ট-বিউটাইল ক্লোরাইড

$CH_3CH_2CH(Br)CH_3$ সেক্-বিউটাইল ব্রোমাইড

প্রশ্ন ঃ 2.28 নীচের যৌগগুলির সাধারণ নাম লেখ ঃ

(i) CH_3I, (ii) CH_3CH_2Cl, (iii) $CH_3CH_2CH_2Br$

(iv) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2Cl$

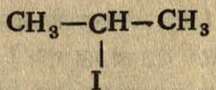
(2) **IUPAC পদ্ধতিতে** এই যৌগগুলির নামকরণে হ্যালো (ফ্লুওরো, ক্লোরো, ব্রোমো, আয়োডো) উপপদ রূপে ব্যবহৃত হয়। হ্যালোজেন যুক্ত দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খলে উপস্থিত কার্বন সংখ্যাযুক্ত অ্যালকেনের নামের আগে 'হ্যালো' উপপদ (prefix) যোগ করা হয়—হ্যালোজেনের ও কোন পার্শ্বশাখার স্থান সংখ্যা দিয়ে নির্দেশ করা হয়। কার্বনশৃঙ্খলকে সংখ্যা দ্বারা এমনভাবে চিহ্নিত করা হয় যাতে হ্যালোজেন সম্ভাব্য সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হয়।

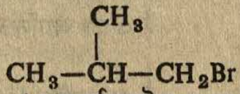
উদাহরণ ঃ

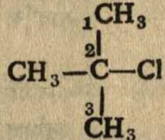
CH_3Cl
ক্লোরোমিথেন

CH_3CH_2I
আয়োডোইথেন

$CH_3CH_2CH_2Br$
1-ব্রোমোপ্রপেন


2-আয়োডোপ্রপেন


1-ব্রোমোমিথাইলপ্রপেন
(1-ব্রোমো-2-মিথাইলপ্রপেন)


2-ক্লোরো-2-মিথাইলপ্রপেন

CH_2Cl_2
ডাইক্লোরোমিথেন

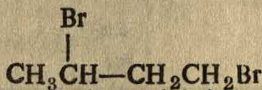
CHI_3
ট্রাইআয়োডোমিথেন

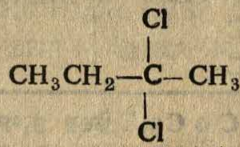
$ClCH_2CH_2Cl$
1, 2-ডাইক্লোরোইথেন

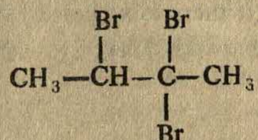
$CH_3CHBrCH_2Br$
1, 2-ডাইব্রোমোপ্রপেন

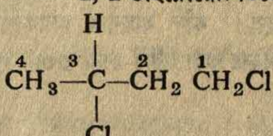
$CH_2ClCHClCH_2Cl$
1, 2, 3-ট্রাইক্লোরোপ্রপেন

CH_3CHCl_2
1, 1-ডাইক্লোরোইথেন


1, 3-ডাইব্রোমোবিউটেন


2, 2-ডাইক্লোরোবিউটেন


2, 2, 3-ট্রাইব্রোমোবিউটেন


1, 3-ডাইক্লোরোবিউটেন

● একাধিক কার্যকরী গ্রুপযুক্ত যৌগের নামকরণ :

একাধিক কার্যকরী গ্রুপযুক্ত জৈব যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে একটি কার্যকরী গ্রুপ প্রত্যয় (**Suffix**) হিসাবে এবং অন্যগুলি উপপদ (**Prefix**) হিসাবে চিহ্নিত করা হয়।

ব্যতিক্রম হল ঃ (i) কার্বন–কার্বন দ্বিবন্ধ (ইন) ও কার্বন–কার্বন ত্রিবন্ধ (আইন) —এদের উপপদ নাই—ইন ও আইন সর্বদা প্রত্যয় হিসাবে চিহ্নিত হয় ;

(ii) দুই বা ততোধিক একই কার্যকরী গ্রুপযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে কার্যকরী গ্রুপগুলিকে প্রত্যয় হিসাবে দেখানো যেতে পারে—যেমন $CH_3CHOHCH_2OH$—1, 2-প্রপেনডাইঅল। দুই বা ততোধিক কার্যকরী গ্রুপের ক্ষেত্রে কোন গ্রুপটি প্রত্যয় হিসাবে বসবে তা গ্রুপগুলির অগ্রাধিকার ক্রম থেকে স্থির করা হয়। কার্বনশৃংখলকে সংখ্যা দিয়ে এমনভাবে চিহ্নিত করা হয় যাতে শেষ প্রত্যয় লঘিষ্ঠতম সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত হয়।

নীচের সারণীতে সাধারণ গ্রুপগুলির ক্ষেত্রে এই অগ্রাধিকার ক্রম দেখানো হল। সারণীর যে কোন গ্রুপ তার নীচের গ্রুপের থেকে অগ্রাধিকার পাবে—যাদের প্রত্যয় হয় না তাদের কথা

অবশ্য আলাদা (যেমন, NO_2, হ্যালোজেন ইত্যাদি)। সারণীতে আরও দেখানো হল একই কার্যকরী গ্রুপের প্রত্যয় ও উপপদ হিসাবে আলাদা নাম থাকতে পারে।

সারণী 2.11 ঃ কয়েকটি সাধারণ কার্যকরী গ্রুপের প্রত্যয় ও উপপদ সহ অগ্রাধিকার ক্রমের তালিকা (শুধু উপপদ দিয়ে চিহ্নিত হয় এমন গ্রুপ ব্যতিরেকে যে কোন গ্রুপ তালিকায় তার নীচের গ্রুপ থেকে অগ্রাধিকার পায়)।

কার্যকরী গ্রুপ	উপপদ	প্রত্যয়
COOH	কার্বক্সি (carboxy)	ওয়িক অ্যাসিড, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
$CONH_2$	কার্বাময়িল (carbamoyl)	ওঅ্যামাইড (oamide)
CHO	ফর্মিল (formyl)	অ্যাল
CN	সায়ানো (cyano)	নাইট্রাইল (nitrile)
C=O	কিটো, অক্সো (keto, oxo)	ওন
OH	হাইড্রক্সি	অল
NH_2	অ্যামিনো	অ্যামিন
—O— (OR যথা OMe)	(অ্যালকোক্সি যথা মিথোক্সি)	—
NO_2	নাইট্রো	—
Cl, Br ইত্যাদি	ক্লোরো, ব্রোমো ইত্যাদি	—
C≡C	—	আইন
C=C	—	ইন

C=C ও C≡C উভয় গ্রুপযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে প্রত্যয়ে ইন আগে এবং আইন পরে থাকে এবং যৌগকে অ্যালকিনাইন হিসাবে নামকরণ করা হয়। অসম্পৃক্তি সম্ভাব্য সর্বনিম্ন সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। যদি বাছবার অবকাশ থাকে (If there is a choice) ইন আইন থেকে কম সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। শেষ প্রত্যয় লঘিষ্ঠ সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত হবে এই সাধারণ নিয়মের এটি ব্যতিক্রম।

উদাহরণ ঃ

$$HC\equiv\overset{4}{C}-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H=\overset{1}{C}H_2$$
পেন্ট-1-ইন-4-আইন

$$\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}\equiv\overset{6}{C}H$$
হেক্স-1-ইন-5-আইন

$$\overset{6}{C}H_3\overset{5}{C}H=\overset{4}{C}H-\overset{3}{C}H_2\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{C}H$$
হেক্স-4-ইন-1-আইন

একাধিক কার্যকরী গ্রুপযুক্ত যৌগের নামকরণের উদাহরণ ঃ

(1) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}H(OH).\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}OOH$
3-হাইড্রক্সিবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(দুটি কার্যকরী গ্রুপযুক্ত বৃহত্তম কার্বনশৃংখল অনুযায়ী অ্যালকেন-বিউটেন। COOH গ্রুপ OH গ্রুপ থেকে অগ্রাধিকার পাবে—তাই ওয়িক অ্যাসিড প্রত্যয়ে থাকে এবং COOH গ্রুপ থেকেই সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। OH-এর স্থান 3 এবং উপপদ হিসাবে এর নাম হাইড্রক্সি। যৌগটির নাম 3-হাইড্রক্সিবিউটানোয়িক অ্যাসিড।)

(2) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}O\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}HO$
3-কিটোবিউটান্যাল

(3) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}H(CHO)\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}OOH$
3-ফর্মিলবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(4) $CH_3\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H\,\overset{1}{C}HO$
2-বিউটিন্যাল

(5) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}H(OH).\overset{2}{C}H_2\overset{1}{C}HO$
3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল

(6) $\underset{4}{C}H_3-\underset{3}{C}H(Cl)-\underset{2}{C}\equiv\underset{1}{C}H$
3-ক্লোরো-1-বিউটাইন

(7) $\overset{3}{C}H_2=\overset{2}{C}H.\overset{1}{C}H_2OH$
প্রপ-2-ইন-1-অল
(2-প্রপিন-1-অল)

(8) $\underset{4}{C}H_3\underset{3}{C}H_2\,\underset{2}{C}H(Cl)-\underset{1}{C}OOH$
2-ক্লোরোবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(9) $\underset{4}{C}H_3\underset{3}{C}H(Br)-\underset{2}{C}H(Cl)-\underset{1}{C}OOH$
3-ব্রোমো-2-ক্লোরোবিউটানোয়িক অ্যাসিড

(10) $\overset{4}{C}H_3\overset{3}{C}H\ OH)\overset{2}{C}H(CH_3)\overset{1}{C}HO$
3-হাইড্রক্সি-2-মিথাইলবিউটান্যাল

(11) $\overset{5}{C}H_3\overset{4}{C}H(OH)\overset{3}{C}H_2\overset{2}{C}O\overset{1}{C}H_3$
4-হাইড্রক্সি-2-পেন্টানোন

(12) $\overset{5}{C}H_3\overset{4}{C}H(OH).\overset{3}{C}H_2\overset{2}{C}HBr.\ \overset{1}{C}HO$
2-ব্রোমো-4-হাইড্রক্সিপেন্টান্যাল

IUPAC নাম থেকে জৈব যৌগের গঠন সঙ্কেত :

(1) প্রথমে যৌগটি যে নর্মাল অ্যালকেন সঞ্জাত হিসাবে ধরা হয়েছে যৌগটির নাম থেকে পাওয়া সেই অ্যালকেনের গঠন সংকেত লেখা হয়।

(2) অ্যালকেনটির C-পরমাণুগুলিকে একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত সংখ্যা দিয়ে (1, 2, 3, 4 ইত্যাদি) চিহ্নিত করা হয়।

(3) নামে নির্দেশিত স্থানে কার্যকরী গ্রুপ এবং প্রতিস্থাপক/পার্শ্বশাখা বসানো হয়। (একটি হাইড্রোজেনের পরিবর্তে একটি একযোজী কার্যকরী গ্রুপ/প্রতিস্থাপক বসানো হয়।)

উদাহরণ : (1) **2-ব্রোমোবিউটেন**

অ্যালকেন হল $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_3$ (বিউটেন) যার 2নং কার্বন পরমাণুর সঙ্গে আছে একটি ব্রোমিন পরমাণু। গঠন হল : $CH_3CHBrCH_2CH_3$

(2) **2-মিথাইলপ্রপান-2-অল**

অ্যালকেন হল $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}H_3$ (প্রপেন)—এর 2নং কার্বন পরমাণুর সঙ্গে 1টি মিথাইল গ্রুপ এবং 1টি OH গ্রুপ যুক্ত আছে।

গঠন হল : $CH_3-C(CH_3)(OH)-CH_3$

(3) **মিথাইলপ্রপান্যাল**

অ্যালকেন হল $CH_3CH_2CH_3$ (প্রপেন)—এর প্রান্তটিতে আছে CHO এবং তিনটি কার্বন যুক্ত শৃঙ্খলে মিথাইল গ্রুপের একটিই স্থান হতে পারে।

গঠন হল :
$$\begin{array}{l} CH_3-CH-CHO \\ \qquad\ \ | \\ \qquad CH_3 \end{array}$$

(4) **বিউট-3-ইন-1-অল**

অ্যালকেন হল $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_3$ (বিউটেন)—এর 1নং C-পরমাণুতে OH এবং 3 ও 4 নং কার্বন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে দ্বিবন্ধ আছে। যৌগটির গঠন হল :

$$HOCH_2CH_2CH=CH_2$$

(5) **4-মিথাইলহেক্স-3-ইন-2-ওন**

অ্যালকেন হল $\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}H_2\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_2CH_3$ (হেক্সেন) 2নং স্থানে আছে C=O :

$$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H_2\overset{4}{C}H_2\overset{5}{C}H_2\overset{6}{C}H_3 \qquad \text{(হেক্সান-2-ওন)}$$

3 ও 4 নং কার্বনদ্বয়ের মধ্যে দ্বি-বন্ধনী আছে :

$$\overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}H\overset{5}{C}H_2\overset{6}{C}H_3 \qquad \text{হেক্স-3-ইন-2-ওন}$$

4 নং C পরমাণুতে CH_3 গ্রুপ আছে :

$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\quad CH_3 \\ \qquad\qquad\qquad | \\ \overset{1}{C}H_3\overset{2}{C}O\overset{3}{C}H=\overset{4}{C}\overset{5}{C}H_2\overset{6}{C}H_3 \end{array} \qquad \text{4-মিথাইলহেক্স-3-ইন-2-ওন}$$

নীচের IUPAC নামগুলি ভুল না শুদ্ধ :

(1) **3-ব্রোমোবিউটেন**—নাম অনুযায়ী গঠন হল : $CH_3CH_2CHBrCH_3$—কিন্তু এই যৌগটির নাম হবে 2-ব্রোমোবিউটেন। ব্রোমিনের স্থান নিকটবর্তী কার্বন প্রান্ত থেকে নির্দেশ করা হয় নি। **নামটি ভুল।**

(2) **2, 2-ডাইমিথাইল-ইথান-1-অল** —নাম অনুযায়ী গঠন হল :

$$\begin{array}{l} \qquad\ \ CH_3 \\ \qquad\quad | \\ CH_3-CH-CH_2OH \end{array}$$

। **নামটি ভুল।** কারণ কার্যকরী গ্রুপযুক্ত দীর্ঘতম কার্বনশৃঙ্খল নেওয়া হয় নি। নাম হবে **2-মিথাইলপ্রপান-1-অল।**

(3) **1-ব্রোমো-3-প্রপানল**—নাম অনুযায়ী গঠন হল : $CH_2BrCH_2CH_2OH$। নামটি ভুল। কারণ OH-কে ন্যূনতম সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয় নি। নাম হবে **3-ব্রোমো-1-প্রপানল।**

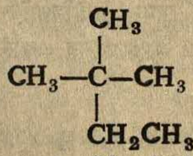
(4) **3-বিউটিন**—নামটি ভুল। গঠন হল : $CH_3CH_2CH=CH_2$
শুদ্ধনাম : **1-বিউটিন।**

(5) **ইথোক্সিমিথেন**—নামটি ভুল। **গঠন হল :** $CH_3OCH_2CH_3$
শুদ্ধনাম : **মিথোক্সিইথেন।**

(6) **1-ক্লোরো-2-প্রপিন**—নামটি ভুল। গঠন হল : $CH_2ClCH=CH_2$
শুদ্ধনাম : **3-ক্লোরো-1-প্রপিন।**

(7) **2-ইথাইল-2-মিথাইলপ্রপেন**—নামটি ভুল।

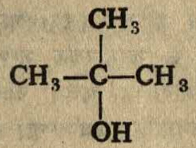
গঠন হল ঃ



শুদ্ধনাম ঃ **2, 2-ডাইমিথাইলবিউটেন।**

(8) **1, 1-ডাইমিথাইল-1-ইথানল**—নামটি ভুল।

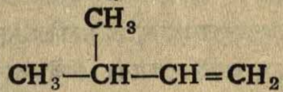
গঠন হল ঃ



শুদ্ধনাম ঃ **2-মিথাইল-2-প্রপানল।**

(9) **2-মিথাইল-3-বিউটিন**—নামটি ভুল।

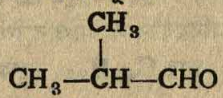
গঠন হল ঃ



শুদ্ধনাম ঃ **3-মিথাইল-1-বিউটিন।**

(10) **2-মিথাইলপ্রপান-3-অ্যাল**—নামটি ভুল।

গঠন হল ঃ

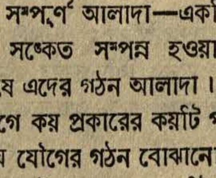


শুদ্ধনাম ঃ **মিথাইলপ্রপান্যাল।**

2.5 গঠন-ঘটিত সমাবয়বতা

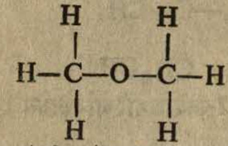
সমসঙ্কেতধর্মিতা বা সমাবয়বতা (Isomerism) ঃ

অনেক সময় দেখা যায় একই আণবিক সংকেত বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন একাধিক জৈব যৌগকে প্রকাশ করে। যেমন, C_2H_6O এই আণবিক সংকেত দিয়ে দুটি জৈব যৌগ প্রকাশ করা যায়—একটি তরল, স্ফুটনাঙ্ক 78°সে., ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং অপরটি গ্যাসীয়, স্ফুটনাঙ্ক −24° সে., ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে আদৌ বিক্রিয়া করে না। সুতরাং, স্পষ্টতঃই দুটি যৌগ সম্পূর্ণ আলাদা—একটি ইথাইল অ্যালকোহল এবং অপরটি ডাইমিথাইল ইথার। একই আণবিক সংকেত সম্পন্ন হওয়া সত্ত্বেও ভিন্ন ধর্ম যুক্ত একাধিক জৈব যৌগের অস্তিত্বের কারণ হল এই যে এদের গঠন আলাদা। প্রকৃতপক্ষে জৈব যৌগের ধর্ম তার গঠনের উপর নির্ভর করে। কোন যৌগে কয় প্রকারের কয়টি পরমাণু পরস্পরের সঙ্গে কিভাবে যুক্ত হয়ে যৌগের অণু গঠন করেছে তাই দিয়ে যৌগের গঠন বোঝানো হয়। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহলের একটি অণুতে কার্বনের দুটি পরমাণু, হাইড্রোজেনের ছয়টি পরমাণু এবং অক্সিজেনের একটি পরমাণু আছে এবং তারা পরস্পর এইভাবে যুক্ত আছে ঃ



ইথাইল অ্যালকোহলের গঠন।

সমসংকেত সম্পন্ন দুটি যৌগে একই প্রকারের একই সংখ্যক পরমাণু থাকে, কিন্তু তারা পরস্পরের সঙ্গে বিভিন্ন ভাবে যুক্ত থাকে। যেমন ডাইমিথাইল ইথারের অণুতেও কার্বনের দুটি পরমাণু, হাইড্রোজেনের ছয়টি পরমাণু ও অক্সিজেনের একটি পরমাণু আছে, কিন্তু তারা পরস্পর যুক্ত আছে ভিন্নতর ভাবে ঃ



ডাই-মিথাইল ইথারের গঠন।

সমআণবিক সংকেত কিন্তু বিভিন্ন ধর্মসম্পন্ন যৌগসমূহকে আইসোমার বা সমাবয়বী বা সমসংকেতধর্মী বলে এবং বিভিন্ন ধর্ম ও সমসংকেত সম্পন্ন বিভিন্ন যৌগ গঠনের ঘটনাকে আইসোমেরিজম বা সমসংকেতধর্মিতা বা সমাবয়বতা বলে। আণবিক গঠনের পার্থক্যের জন্য একই আণবিক সংকেত কিন্তু বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মসম্পন্ন দুই বা ততোধিক যৌগের অবস্থানের (অস্তিত্বের) ঘটনাকে গাঠনিক সমসংকেতধর্মিতা বলা হয়।

[গাঠনিক সমসংকেতধর্মিতা ভিন্ন অন্য আর এক ধরনের সমসংকেতধর্মিতা দেখা যায়। তাকে ত্রিমাত্রিক সমসংকেতধর্মিতা (Stereoisomerism) বলে। ত্রিমাত্রিক সমসংকেতধর্মিতা সম্পন্ন যৌগসমূহের আণবিক সংকেত এবং গাঠনিক সংকেত একই থাকে, কিন্তু অণুর পরমাণুসমূহের ত্রিমাত্রিক শূন্যে অবস্থান বিভিন্ন হয়।]

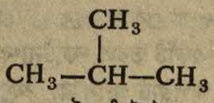
গাঠনিক সমাবয়বী যৌগসমূহে একই প্রকারের একই সংখ্যক পরমাণু থাকে, কিন্তু তাদের পারস্পরিক সংযুক্তি বিভিন্ন হয়। ইথাইল অ্যালকোহল ও ডাইমিথাইল ইথার গঠন-ঘটিত সমাবয়বী যৌগ। আবার, C_4H_{10} এই সংকেত দিয়ে দুটি অ্যালকেন n-বিউটেন ও আইসোবিউটেন প্রকাশ করা যায়—এরাও গঠন-ঘটিত সমাবয়বী। জৈব রসায়নে এই সমাবয়বতার গুরুত্ব অসীম। যৌগে কার্বন পরমাণু সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে সমাবয়বীর সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। $C_{10}H_{22}$ সংকেত সম্পন্ন সম্ভাব্য সমাবয়বী যৌগের সংখ্যা 75, আর $C_{40}H_{82}$ সংকেতসম্পন্ন সম্ভাব্য সমাবয়বী যৌগের সংখ্যা 69, 491, 178, 805, 831.

গঠন-ঘটিত সমসংকেতধর্মিতাকে আবার তিন ভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(1) **শৃংখল-ঘটিত সমসংকেতধর্মিতা ঃ** কার্বন পরমাণুসমূহের বিন্যাসের পার্থক্যের জন্য এই প্রকারের সমসংকেতধর্মিতা ঘটে। অর্থাৎ, এই সব যৌগে কার্বন কাঠামোর পার্থক্য ঘটে। যেমন, n-বিউটেন ও আইসোবিউটেন ঃ

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$

n-বিউটেন

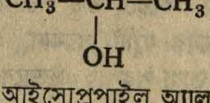


আইসোবিউটেন

(2) **অবস্থান-ঘটিত সমসংকেতধর্মিতা ঃ** একই কার্বন-কাঠামো বিশিষ্ট যৌগসমূহে প্রতিস্থাপক পরমাণু বা গ্রুপের অবস্থানের বিভিন্নতার জন্য এই ধরনের সমসংকেতধর্মিতা ঘটে। যেমন, n-প্রপাইল অ্যালকোহল ও আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল ঃ

$CH_3—CH_2—CH_2—OH$

n-প্রপাইল অ্যালকোহল



আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল

(3) **কার্যকরী গ্রুপ-ঘটিত সমসংকেতধর্মিতা ঃ** একই আণবিক সংকেত কিন্তু বিভিন্ন কার্যকরী মূলক যুক্ত যৌগসমূহের সমসংকেতধর্মিতাকে কার্যকরী গ্রুপ-ঘটিত সমসংকেতধর্মিতা বলে, অর্থাৎ বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীর একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট যৌগসমূহ এই ধরনের সমসংকেতধর্মিতা দেখায়। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহল ও ডাইমিথাইল ইথার।

মেটামেরিজম ঃ একই সমগণীয় শ্রেণীর সমসংকেত বিশিষ্ট বিভিন্ন জৈব যৌগের গঠনে একটি কেন্দ্রীয় পরমাণু বা গ্রুপের সঙ্গে বিভিন্ন গ্রুপের সংযুক্তির ফলে যে সমসংকেতধর্মিতা দেখা যায় তাকে **মেটামেরিজম** বলে। যেমন, ইথার সমগণীয় শ্রেণীর দুটি যৌগ ডাই-ইথাইল ইথার ও মিথাইল প্রপাইল ইথারের আণবিক সংকেত হল $C_4H_{10}O$, কিন্তু ডাই-ইথাইল ইথারের গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে দুটি ইথাইল গ্রুপ যুক্ত আছে, অপরপক্ষে মিথাইল প্রপাইল ইথারের গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে একটি মিথাইল ও একটি প্রপাইল গ্রুপ যুক্ত আছে।

$C_2H_5-O-C_2H_5$	$CH_3-O-C_3H_7$
ডাই-ইথাইল ইথার	মিথাইল প্রপাইল ইথার।

সুতরাং, ডাই-ইথাইল ইথার ও মিথাইল প্রপাইল ইথার মেটামেরীয়।

কিটোন, এস্টার ও অ্যামিনসমূহ এই ধরনের মেটামেরিজম দেখায়।

উদাহরণ ঃ

কিটোন ঃ নীচের কিটোনগুলি মেটামেরীয় ঃ

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2CH_2CH_3,\quad CH_3CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2CH_3,$$

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-CH_3$$

এস্টার ঃ $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OC_2H_5$ ও $C_2H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OCH_3$ মেটামেরীয়।

প্রশ্ন ঃ 2.29 একই সংকেত দিয়ে কি একাধিক জৈব যৌগ প্রকাশ করা যায়? উদাহরণ দিয়ে দেখাও।

2.30 সমসংকেতধর্মী যৌগগুলির ধর্মে পার্থক্য থাকে কি? একটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও।

2.31 নীচের যৌগগুলি কি সমসংকেতধর্মী?

(i) $\overset{CH_3}{\overset{|}{CH_3CH}}-CH_3,\quad CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}-CH_2CH_3$

(ii) $CH_3CH_2OH,\ CH_3OCH_3$

(iii) $C_2H_5-O-C_2H_5,\ CH_3-O-C_3H_7$

(iv) $CH_3CH_2CH=CH_2,\ CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}=CH_2$

(v) $CH_3CH_2CHO,\ CH_3COCH_3$

2.32 মেটামেরিজমের একটি উদাহরণ দাও। C_2H_6O এই সংকেত দুটি মেটামার প্রকাশ করতে পারে কি?

কয়েকটি সমস্যার সমাধান ঃ

(1) C_3H_8O সংকেতবিশিষ্ট জৈব যৌগগুলির গঠন ও নাম লেখ।

উত্তর ঃ একটি অক্সিজেন পরমাণুযুক্ত জৈব যৌগ মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল, ইথার,

অ্যালডিহাইড বা কিটোন শ্রেণীভুক্ত হতে পারে। C_3H_8O এই সংকেত মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল ও ইথারের সাধারণ সংকেতের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল ও ইথারের সাধারণ সংকেত একইঃ $C_nH_{2n+2}O$

এখন, $C_3H_8O \equiv C_3H_{2\times3+2}O \ (n=3)$

C_3H_8O সংকেত বিশিষ্ট অ্যালকোহলঃ

(1) $CH_3CH_2CH_2—OH$
প্রপান-1-অল

CH_3
|
(2) $CH_3CH—OH$
প্রপান-2-অল

[OH কার্যকরী মূলক পৃথক করে নিলে অবশিষ্ট থাকে C_3H_7। C_3H_7 দিয়ে দুটি অ্যালকিল গ্রুপ পাওয়া সম্ভব— $CH_3CH_2CH_2$ এবং $CH_3—CH$ (| CH_3)]

C_3H_8O সংকেত বিশিষ্ট ইথারঃ

(3) $CH_3OCH_2CH_3$
মিথোক্সিইথেন

[O পৃথক করে নিলে অবশিষ্ট C_3H_8 দিয়ে দুটি অ্যালকিল গ্রুপ পাওয়া সম্ভব—CH_3 ও C_2H_5]

(2) $C_4H_{10}O$ সংকেতবিশিষ্ট জৈব যৌগগুলির নাম ও সংকেত লেখ।

উত্তরঃ উপরের উদাহরণের মতই $C_4H_{10}O$ মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল ও ইথারের সাধারণ সংকেতের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

C_4H_8O সংকেতবিশিষ্ট মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলঃ

(1) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$
বিউটান-1 অল

CH_3
|
(2) $CH_3—CH—CH_2OH$
2-মিথাইলপ্রপান-1-অল

(3) $CH_3CH_2CH—CH_3$
|
OH
বিউটান-2-অল

CH_3
|
(4) $CH_3—C—CH_3$
|
OH
2-মিথাইল প্রপান-2-অল

$C_4H_{10}O$ সংকেত বিশিষ্ট ইথারঃ

(5) $C_2H_5OC_2H_5$
ইথোক্সিইথেন

(6) $CH_3O—CH_2CH_2CH_3$
1-মিথোক্সিপ্রপেন

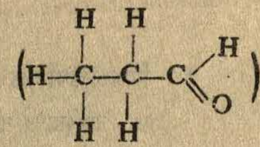
CH_3
|
(7) $CH_3O—CH—CH$
2-মিথোক্সিপ্রপেন

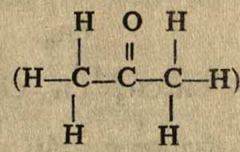
(3) C_3H_6O সংকেতসম্পন্ন যৌগসমূহের গঠন ও নাম লেখ।

উত্তরঃ একটি অক্সিজেন পরমাণুযুক্ত জৈব যৌগশ্রেণী মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল, ইথার, অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সাধারণ সংকেতের সঙ্গে C_3H_6O এই সংকেত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n}O$

$$C_3H_6O \equiv C_3H_{2\times3}O \quad (n=3)$$

C_3H_6O সংকেতসম্পন্ন অ্যালডিহাইড CH_3CH_2CHO 
প্রপান্যাল

C_3H_6O সংকেতসম্পন্ন কিটোন CH_3COCH_3 
প্রপানোন

(4) C_4H_8O সংকেতসম্পন্ন যৌগসমূহের গঠন ও নাম লেখ।

উত্তর : উদাহরণ (3)-এর মতই C_4H_8O সংকেত সম্পন্ন যৌগ অ্যালডিহাইড বা কিটোন হতে পারে।

অ্যালডিহাইড : (1) $CH_3CH_2CH_2CHO$ — বিউটান্যাল

(2) $CH_3-\underset{}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}}-CHO$ — মিথাইল বিউটান্যাল

কিটোন : $CH_3COCH_2CH_3$ — 2-বিউটানোন

(5) $C_3H_6O_2$ সংকেতবিশিষ্ট যৌগগুলির গঠন ও নাম লেখ।

উত্তর : $C_3H_6O_2$ মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড বা এস্টারের সংকেতের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ। উভয়ক্ষেত্রেই সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n}O_2$। $C_3H_6O_2 \equiv C_3H_{2\times3}O_2$ (n = 3)

মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড :(1) CH_3CH_2COOH — প্রপানোয়িক অ্যাসিড

এস্টার : (2) CH_3COOCH_3 — মিথাইল ইথানোয়েট (3) $HCOOC_2H_5$ — ইথাইল মিথানোয়েট

(6) $C_4H_8O_2$ সংকেতবিশিষ্ট যৌগগুলির গঠন ও নাম লেখ।

উত্তর : উপরের উদাহরণের মতই সম্ভাব্য যৌগগুলি অ্যাসিড ও এস্টার।

মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড :

(1) $CH_3CH_2CH_2COOH$ — বিউটানোয়িক অ্যাসিড

(2) $CH_3\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}HCOOH$ — মিথাইলপ্রপানোয়িক অ্যাসিড

এস্টার : (3) $CH_3CH_2COOCH_3$ — মিথাইল প্রপানোয়েট

(4) $CH_3COOH_2CH_3$ — ইথাইল ইথানোয়েট

(5) $HCOOCH_2CH_2CH_3$ — প্রপাইল মিথানোয়েট

(6) $HCOO\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}HCH_3$ — আইসো-প্রপাইল মিথানোয়েট

(7) C_4H_{10} সংকেতবিশিষ্ট অ্যালকেন 2টি (পৃঃ 46-47)

(8) C_4H_8 সংকেতবিশিষ্ট অ্যালকিন 3টি (পৃঃ 58)

(9) C_4H_6 সংকেতবিশিষ্ট অ্যালকাইন 2টি (পৃঃ 59)

অনুশীলনী

1. **ঠিক উত্তরটিতে (✓) চিহ্ন দাও :**

(a) নামকরণের সাধারণ পদ্ধতিতে $(CH_3)_2CH$ গ্রুপ যুক্ত যৌগকে বলে
(i) নরমাল (ii) আইসো (iii) নিও

(b) $CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}H-CH_3$ যৌগটির নাম (i) 3-মিথাইলবিউটেন (ii) 2-মিথাইলবিউটেন (iii) 2-ইথাইলপ্রপেন

(c) 'নিও' উপসর্গ (prefix) সেইসব যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য যাদের মধ্যে আছে
(i) প্রাইমারী কার্বন পরমাণু, (ii) টারসিয়ারী কার্বন পরমাণু, (iii) কোয়াটারনারী কার্বন পরমাণু।

(d) যেসব যৌগের আণবিক সংকেত একই কিন্তু ধর্ম আলাদা তাদের বলে
(i) এপিমার, (ii) আইসোমার (iii) বহুরূপ

(e) $CH_3CH_2CH=CH_2$ যৌগটির নাম হল (i) বিউট-2-ইন, (ii) বিউট-3-ইন, (iii) বিউট-1-ইন

(f) C_4H_{10} সংকেতযুক্ত আইসোমারের সংখ্যা (i) 2, (ii) 3, (iii) 4

(g) সমগণীয় শ্রেণীতে দুটি পাশাপাশি সদস্যের মধ্যে আণবিক গুরুত্বের পার্থক্য হল
(i) 2, (ii) 12 (iii) 14

(h) $CH_3CH(OH)CH_3$ যৌগটির নাম (i) n-প্রপাইল অ্যালকোহল, (ii) আইসো-প্রপাইল অ্যালকোহল, (iii) টারসিয়ারী-বিউটাইল অ্যালকোহল।

(i) সমগণীয় শ্রেণীর সদস্যগণের মধ্যে উপস্থিত কার্যকরীমূলক
(i) সবসময়ই এক, (ii) কখনও এক নয়, (iii) কখনও এক, কখনও বিভিন্ন।

(j) ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীর সদস্য, কারণ
(i) কার্যকরী গ্রুপ বিভিন্ন, (ii) কার্বনের সংখ্যা বিভিন্ন, (iii) আণবিক গুরুত্ব বিভিন্ন।

2. জৈবমূলক ও কার্যকরী গ্রুপ বলতে কি বোঝায় উদাহরণসহ আলোচনা কর।

3. অ্যালকিল গ্রুপ বলতে কি বোঝায় ? অ্যালকিল গ্রুপের সাধারণ সংকেত কি ? নীচের অ্যালকেনগুলি থেকে যে অ্যালকিলগ্রুপগুলি পাওয়া যায় তাদের গঠন ও নাম লেখ :
(i) C_2H_6, (ii) $CH_3CH_2CH_3$, (iii) C_4H_{10}

4. সমগণীয় শ্রেণী বলতে কি বোঝায় ? উদাহরণ দাও। জৈব রসায়নে সমগণীয় শ্রেণীর গুরুত্ব কি ?

5. চারটি সমগণীয় শ্রেণীর নাম লেখ। এই সমগণীয় শ্রেণীর প্রথম চারটি সদস্যের গঠন ও নাম লেখ।

6. **নীচের যৌগগুলিতে উপস্থিত অ্যালকিলমূলক ও কার্যকরী গ্রুপের নাম লেখ :**
(i) ফরম্যালডিহাইড, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) মিথানোয়িক অ্যাসিড, (iv) ইথানল, (v) প্রপানোন, (vi) মিথাইল অ্যালকোহল, (vii) মিথাইল অ্যামিন, (viii) ইথাইল অ্যাসিটেট, (ix) ডাই-ইথাইল ইথার, (x) সেকেন্ডারী বিউটাইল অ্যালকোহল।

7. **উদাহরণসহ সংজ্ঞা দাও :**
(i) সমসংকেতধর্মিতা (Isomerism), (ii) অ্যালকিল গ্রুপ, (iii) কার্যকরী গ্রুপ, (iv) মেটামেরিজম।

8. **পার্থক্য নিরূপণ কর :**
(a) আণবিক সংকেত ও গঠন সংকেত। (b) একই আণবিক সংকেতযুক্ত বিভিন্ন যৌগ পাওয়া যায় কেন ? (c) মেটামারের উদাহরণ দাও।

9. (a) আণবিক সংকেত থেকে জৈব যৌগের প্রকৃত পরিচয় পাওয়া যায় কি ?
(b) একটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও যে জৈব যৌগে উপস্থিত কার্যকরী গ্রুপ জৈব যৌগের মূল রাসায়নিক বিক্রিয়ার কারণ।
(c) গঠনঘটিত সমাবয়বতা ছাড়া অন্য কোন ধরনের সমাবয়বতা থাকতে পারে কি ?
(d) সমাবয়বী যৌগ বলতে কি বোঝায় ?

10. গঠনঘটিত সমাবয়বতা কত ধরনের হতে পারে ? উদাহরণসহ লেখ।

11. নীচের আণবিক সংকেতগুলি দ্বারা যে যৌগগুলি প্রকাশ করা সম্ভব তাদের গঠন ও নাম লেখ ঃ
(a) C_4H_8, (b) C_4H_6, (c) $C_2H_4Cl_2$, (d) C_3H_8O, (e) $C_4H_{10}O$, (f) C_3H_6O, (g) C_4H_8O, (h) $C_3H_6O_2$, (i) $C_4H_8O_2$, (j) CH_2Cl_2, (k) C_2H_6O.

12. জৈব যৌগসমূহকে কিভাবে শ্রেণীবিভাগ করা যায় ?

13. (i) $C_2H_4O_2$, (ii) $C_3H_6O_2$, (iii) $C_4H_8O_2$ দিয়ে কোন কোন সমগণীয় শ্রেণীর যৌগ প্রকাশ করা যায় ? প্রতিটি ক্ষেত্রে যে কয়টি যৌগ সম্ভব তাদের গঠন ও নাম লেখ।

14. C_4-অ্যালকাইনের সংকেত কি ? এই আণবিক সংকেত সম্পন্ন অ্যালকাইনগুলির গঠন ও নাম লেখ।

15. অ্যালকেনের ও অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত কি ? C_4-অ্যালকেন ও অ্যালকিনসমূহের গঠন ও নাম লেখ।

16. (i) অ্যালকোহল, (ii) ইথার, (iii) অ্যালডিহাইড, (iv) কিটোন ও (v) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সাধারণ সংকেত কি ?

17. নীচের যৌগগুলির সাধারণ (যেখানে সম্ভব) ও IUPAC পদ্ধতিতে নাম লেখ ঃ

(a) (i) $CH_3CH{=}CH\ CH_3$ (ii) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}=CH_2$ (iii) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}.CH{=}CH_2$

(iv) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2CH_3$ (v) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$

(vi) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$ (vii) $CH_3CH_2\ CH_2CH_3$

(viii) $(CH_3)_2CH.CH_2CH_2CH_3$ (ix) $CH_3CHCl.CH_2Cl$

(x) $ClCH_2CH_2CH_2Cl$ (xi) $CH_3CCl_2CH_2CH_3$

(xii) $CH_3CHClCH_2CH_2Cl$ (xiii) $CH_3CHClCHClCH_2Cl$

(xiv) $CH_3\ C\equiv CCH_3$ (xv) $CH_3C\equiv CH$

(xvi) $CH_3CH_2C\equiv CH$ (xvii) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}C\equiv CH$

(b) (i) $CH_3OC_2H_5$ (ii) $CH_3O\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$

(iii) $CH_3CH(OH)CH_3$ (iv) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

(v) $(CH_3)_3COH$ (vi) $CH_3\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}CH_2OH$

(vii) $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2CH_3$ (viii) CH_3CHO

(ix) $CH_3CH_2CH_2CHO$ (x) $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H-CHO$

(xi) $CH_3COCH_2CH_3$ (xii) CH_2COOH

(xiii) $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}H-COOH$ (xiv) $CH_3COOC_2H_5$

(xv) $CH_3CH_2COOCH_3$,

(c) (i) $CH_3CH_2CH_2NH_2$ (ii) $CH_3\underset{NH_2}{\underset{|}{C}}HCH_3$

(iii) $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}HCH_2NH_2$ (iv) $CH_3CH_2NO_2$ (নাইট্রোইথেন)

(1-অ্যামিনো-2-মিথাইলপ্রপেন)

(v) CH_3CH_2COCl (প্রোপানয়িল ক্লোরাইড বা ইথেন কার্বনিল ক্লোরাইড)

(vi) $CH_3CH_2CONH_2$ (প্রোপান্যামাইড বা ইথেনকার্বক্সামাইড)

(vii) $CH_3COOCOCH_3$ (ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড)

(viii) $CH_3CH_2CH_2CN$ (বিউটেন নাইট্রাইল)

(ix) $CH_3NHCH_2CH_3$ (মিথাইলঅ্যামিনোইথেন)

(x) $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{N}}-CH_2CH_3$ (ডাই-মিথাইলঅ্যামিনোইথেন)

(xi) $CH_3NHCH_2CH_2CH_3$ (মিথাইল অ্যামিনোপ্রপেন)

(xii) $CH_3\underset{NHCH_3}{\underset{|}{C}}HCH_3$ (2-মিথাইল অ্যামিনোপ্রপেন)

*(d) (i) $ClCH_2CH_2CH_2CH_2Cl$ (ii) $ClCH=CHCl$

(iii) $ClCH_2-\overset{CH_2Cl}{\overset{|}{C}}HOH$ (iv) $HOCH_2\underset{Cl}{\underset{|}{C}}H-CH_2OH$

(v) $CH_3-\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}HCH_2OCH_2CH_3$ (vi) $HO(CH_2)_4OH$

(vii) $CH_3-\underset{C_2H_5}{\underset{|}{C}}H-CHOHCH_3$ (viii) সবগুলি মনোক্লোরোপেন্টেন

18. নীচের যৌগগুলির গঠন লেখ ঃ

(a) (i) মিথাইল ইথিলিন, (ii) ∝-বিউটিলিন, (iii) s-ডাইমিথাইল ইথিলিন, (iv) 1-বিউটিন, (v) 2-মিথাইল-1-বিউটিন, (vi) as-ডাইমিথাইল ইথিলিন, (vii) ইথাইল ডাইমিথাইল মিথেন, (viii) আইসোবিউটেন'

(ix) ট্রাইমিথাইলমিথেন, (x) 2, 2-ডাইমিথাইলবিউটেন, (xi) ইথিলিন ডাইক্লোরাইড, (xii) ইথিলিডিন ক্লোরাইড, (xiii) 1, 4-ডাইব্রোমোবিউটেন, (xiv) 1, 1, 1-ট্রাইক্লোরোবিউটেন, (xv) ইথাইন, (xvi) ডাইমিথাইল অ্যাসিটিলিন।

(b) (i) ডাই-ইথাইল ইথার, (ii) মিথোক্সিপ্রপেন, (iii) ইথাইল কার্বিনল, (iv) ইথাইল মিথাইল কার্বিনল, (v) সেকেণ্ডারী বিউটাইল অ্যালকোহল, (vi) প্রপান্-1-অল, (vii) 2, 2-ডাইমিথাইল-প্রপান্-1-অল, (viii) মিথান্যাল, (ix) প্রপিওন্যালডিহাইড, (x) 2, 2-ডাইমিথাইলবিউটান্যাল, (xi) প্রপানোন, (xii) মিথানোয়িক অ্যাসিড, (xiii) মিথাইল অ্যাসিটিক অ্যাসিড, (xiv) n-বিউটিরিক অ্যাসিড, (xv) 2, 2-ডাইমিথাইলপ্রপানোয়িক অ্যাসিড, (xvi) মিথাইল অ্যাসিটেট।

*(c) (i) প্রপিলিন গ্লাইকল, (ii) 3-বিউটিন-1-অল, (iii) 3-পেণ্টানল, (iv) ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন, (v) 2, 3-ডাইব্রোমো-1-প্রপানল, (vi) 1, 4-পেণ্টেনডাইঅল।

[**উত্তর : 17(d)**

(i) $ClCH_2CH_2CH_2CH_2Cl$ (1, 4-ডাইক্লোরোবিউটেন)

(ii) $ClCH=CHCl$ (1, 2-ডাইক্লোরোইথিন)

(iii)
```
        CH2Cl
        |
ClCH2CHOH
```
(1, 3-ডাইক্লোরো-2-প্রপানল)

(iv)
```
HOCH2—CH—CH2OH
       |
       Cl
```
(2-ক্লোরো-1, 3-প্রপেনডাইঅল)

(v)
```
   CH3
   |
CH3CHCH2OCH2CH3
```
(1-ইথোক্সি-2-মিথাইলপ্রপেন)

(vi) $HO(CH_2)_4OH$ (1, 4-বিউটেনডাইঅল)

(vii)
```
CH3CH—CHOHCH3
   |
   C2H5
```
(3-মিথাইল-2-পেণ্টানল)

(viii) সবগুলি মনোক্লোরোপেণ্টেন মোট 8টি

উত্তর : 18(c)

(i) প্রপিলিন গ্লাইকল ($CH_3CHOHCH_2OH$)

(ii) 3-বিউটিন-1-অল ($CH_2=CHCH_2CH_2OH$)

(iii) 3-পেণ্টানল ($CH_3CH_2CHOHCH_2CH_3$)

(iv) ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন (CH_2OHCH_2Br)

(v) 2, 3-ডাইব্রোমো-1-প্রপানল ($CH_2BrCHBrCH_2OH$)

(vi) 1, 4-পেণ্টেনডাইঅল ($CH_3CHOHCH_2CH_2CH_2OH$)]



অ্যালিফেটিক যৌগসমূহ [ALIPHATIC COMPOUNDS] 3

Syllabus : Chemistry of aliphatic compounds (In each case general methods of preparation and general properties with reactions should be illustrated using the following typical examples.)

(a) Saturated hydrocarbons : Methane and Ethane.
(b) Unsaturated hydrocarbons : Ethylene and Acetylene.
(Planarity of ethylene and linearity of acetylene to be discussed.)
(c) Halogen derivatives : Chloroform, Iodoform.
(d) Alcohol : Methyl alcohol and Ethylal cohol, Fermentation.
(e) Ether : Diethyl ether.
(f) Aldehydes and Ketones : Formaldehyde, Acetaldehyde, Acetone.
(g) Acids ; Formic, Acetic and Oxalic acids.
(h) Acid derivatives : Acetyl chloride, Acetamide, Acetic anhydride.
(i) Esters : Ethyl acetate and ethyl hydrogen sulphate.

3A. সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনসমূহ (Saturated Hydrocarbons)

3A.1 সূচনা (Introduction)

শুধু কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত মুক্তশৃংখল এই যৌগসমূহের সঙ্গে হাইড্রোজেনের আর সংযুক্তি ঘটে না। মিথেন (CH_4) এই শ্রেণীর প্রথম সদস্য। মিথেনে একটি মাত্র কার্বন পরমাণু আছে এবং এই কার্বন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে। অন্য যৌগগুলির অণুর গঠনে দুটি পাশাপাশি কার্বন পরমাণুর মধ্যে সর্বদা একটিমাত্র সমযোজ্যতা বন্ধনী থাকে। এই যৌগগুলিতে প্রতিটি কার্বন পরমাণু তার পাশের এক বা একাধিক কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি মাত্র সমযোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে এবং কার্বনের অবশিষ্ট যোজ্যতাগুলি হাইড্রোজেনের সঙ্গে সমযোজ্যতা বন্ধনীতে আবদ্ধ থাকে।

এই যৌগগুলির অপেক্ষাকৃত রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্য এদের প্যারাফিনও বলা হয়। এরা অ্যালকেন (alkane) নামেও পরিচিত।

3A.2 সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+2}

3A.3 উৎস (Source)

মুখ্য উৎস হল প্রাকৃতিক গ্যাস (natural gas) এবং পেট্রোলিয়াম। প্রাকৃতিক গ্যাসে মুখ্যত মিথেন থাকে, তাছাড়া অল্প পরিমাণে গ্যাসীয় অ্যালকেন যেমন ইথেন, প্রপেন ও বিউটেন থাকে। পেট্রোলিয়ামে কম আণবিক ওজনযুক্ত গ্যাসীয় অ্যালকেন থেকে বেশী আণবিক ওজনযুক্ত কঠিন পর্যন্ত প্রচুর অ্যালকেন পাওয়া যায়।

3A.4 নামকরণ (Nomenclature) (পৃঃ 46-50 দ্রষ্টব্য)

3A.5 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (General methods of preparation)

অ্যালকেন প্রস্তুতিতে সাধারণত নীচের পদ্ধতিগুলি ব্যবহৃত হয় :

অ্যালকেন প্রস্তুতি

1. **অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বিজারণ** (**Reduction of unsaturated hydrocarbons**)

(i) অ্যালকিন থেকে : C_nH_{2n} (অ্যালকিন) $+ H_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Pt, Pd বা Ni}} C_nH_{2n+2}$ (অ্যালকেন)

উদাহরণ : $H_2C = CH_2$ (ইথিলিন) $+ H_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Pt, Pd বা Ni}} CH_3CH_3$ (ইথেন)

(ii) অ্যালকাইন থেকে : C_nH_{2n-2} (অ্যালকাইন) $+ 2H_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Pt, Pd বা Ni}} C_nH_{2n+2}$ (অ্যালকেন)

উদাহরণ : $HC \equiv CH$ (অ্যাসিটিলিন) $+ 2H_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Pt, Pd বা Ni}} CH_3CH_3$ (ইথেন)

2. **কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ডিকার্বক্সিলেসন** (**Decarboxylation of carboxylic acids**)

$$R\boxed{COONa \quad + \quad NaO}H \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CaO} RH + Na_2CO_3$$

RCOONa = কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণ; RH = অ্যালকেন

উদাহরণ : CH_3COONa (সোডিয়াম অ্যাসিটেট) $+ NaOH \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CaO} CH_4$ (মিথেন) $+ Na_2CO_3$

3. **অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ** (**Reduction of alkyl halides**)

$R—X$ (অ্যালকিল হ্যালাইড) $\xrightarrow{\text{বিজারক দ্রব্য}} R—H$ (অ্যালকেন)

[X = Cl, Br, I]

(হ্যালোজেন হাইড্রোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়)

বিজারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয় : Zn/HCl, Zn/CH_3COOH, Zn/NaOH, Zn-Cu যুগল + ইথানল, অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম + ইথানল, লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$), HI + P, H_2 + অনুঘটক।

উদাহরণ : RX (অ্যালকিল হ্যালাইড) $+ Zn + H^+ \rightarrow RH$ (অ্যালকেন) $+ Zn^{2+} + X^-$

CH_3Cl (ক্লোরোমিথেন) $+ Zn + HCl \rightarrow CH_4$ (মিথেন) $+ ZnCl_2$

4. **ভুর্ৎস্ বিক্রিয়া** (**Wurtz Reaction**)

$$R\boxed{X + 2Na + X}R \xrightarrow{\text{ইথার}} R - R + 2NaX$$

উদাহরণ : $CH_3\boxed{I + 2Na + I}CH_3 \rightarrow CH_3 - CH_3 + 2NaI$

5. **কোল্‌বের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (**Kolbe's electrolytic method**)

$$2RCOOK + 2H_2O \rightarrow R-R + 2CO_2 + H_2 + 2KOH$$

উদাহরণ : $2CH_3COOK$ (পটাসিয়াম অ্যাসিটেট) $+ 2H_2O \rightarrow CH_3-CH_3$ (ইথেন) $+ 2CO_2 + H_2 + 2KOH$

6. **গ্রীগনার্ড বিকারকের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা** (**Hydrolysis of Grignard Reagent**)

গ্রীগনার্ড বিকারক অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে প্রস্তুত করা হয়।

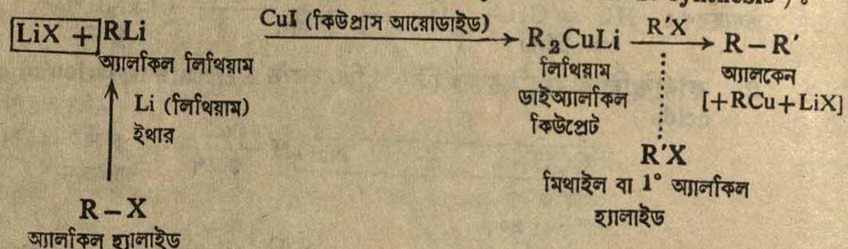
$$\underset{\substack{\text{অ্যালকিন হ্যালাইড} \\ (X = Cl, Br, I)}}{RX} + Mg \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}} RMgX \text{ (গ্রীগনার্ড বিকারক)}$$

$$Mg\begin{matrix} \diagup \boxed{R \;\; H}OH \\ \diagdown X \end{matrix} \longrightarrow RH + Mg\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown X \end{matrix}$$

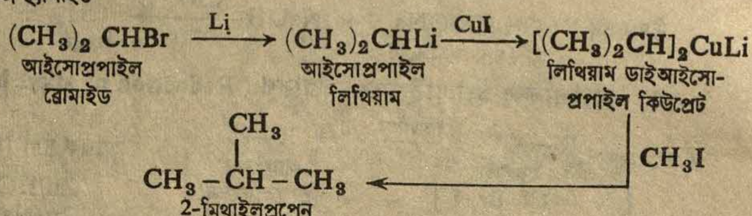
উদাহরণ ঃ $CH_3I + Mg \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}} CH_3MgI$

$$Mg\begin{matrix} \diagup \boxed{CH_3 \;\; H}OH \\ \diagdown I \end{matrix} \longrightarrow CH_4 + Mg\begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown I \end{matrix}$$

7. **কোরী-হাউস অ্যালকেন সংশ্লেষণ** (**Corey-House alkane synthesis**) ঃ



উদাহরণ ঃ



অ্যালকিল হ্যালাইড দুটিই হল কোরী-হাউস সংশ্লেষণে প্রারম্ভিক পদার্থ (starting material) অর্থাৎ, RX ও R'X এই দুটি অ্যালকিল হ্যালাইড বিক্রিয়ক হিসাবে নিয়ে R – R এই অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়। অবশ্য R – ও R' – গ্রুপ দুটি অভিন্নও হতে পারে। ভুর্ৎস্ বিক্রিয়াতে অপ্রতিসম অ্যালকেন প্রস্তুতিতে যে অসুবিধা আছে এখানে তা নাই। অপ্রতিসম অ্যালকেন প্রস্তুতির এটি একটি খুব ভাল পদ্ধতি।

8. **অ্যালকোহলের HI ও লাল P দ্বারা বিজারণ** (**Reduction of alcohol by HI/red P**)

$$ROH + 2HI \xrightarrow{\text{লাল P, 150° সে.}} RH + H_2O + I_2$$

উদাহরণ ঃ $\underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} + 2HI \xrightarrow{\text{লাল P, 150° সে.}} \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + H_2O + I_2$

9. **অ্যালডিহাইড, কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের HI ও লাল P বা অন্য পদ্ধতিতে বিজারণ দ্বারা** (পরে উপযুক্ত স্থানে আলোচনা করা হয়েছে)।

3A.5a অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বিজারণ

অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন, অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের, অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের দ্বারা বিজারণ ঘটিয়ে অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়। সাধারণত প্ল্যাটিনাম, প্যালাডিয়াম বা নিকেল অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত চাপ ও উষ্ণতা অনুঘটকের উপর নির্ভর করে। অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের বাষ্প ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ 200°—300°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে বিজারণের পদ্ধতি **সাবাতিয়ে-সেন্ডেরেন্স বিজারণ** (**Sabatier-Senderens Reduction**) নামে পরিচিত। জৈব রসায়নে হাইড্রোজেনেসন বিক্রিয়ার সমধিক

গুরুত্বের জন্য ফ্রান্সের রসায়নবিদ পল সাবাতিয়েরকে তাঁর হাইড্রোজেনেসনের উপর সাফল্যপূর্ণ গবেষণার জন্য 1912 সালে (ভিকটর গ্রীগনার্ডের সঙ্গে একযোগে) নোবেল পুরস্কার দেওয়া হয়।

জৈব রসায়নে অনেক ক্ষেত্রেই রাসায়নিক বিক্রিয়া আবিষ্কর্তার নামে পরিচিত। এই নাম বিক্রিয়াগুলির (Name reactions) সঙ্গে পরিচিত হওয়া একান্ত প্রয়োজন।

$$R\,CH = CH\,R + H_2 \xrightarrow[300^\circ]{Ni} R\,CH_2\,CH_2\,R$$

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow[150^\circ\text{সে.}]{Ni} CH_3CH_3$$

জৈব বিক্রিয়ার সমীকরণে সাধারণত বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতের মধ্যে তীর চিহ্ন দিয়ে তীর চিহ্নের উপর (নীচেও) বিক্রিয়ার শর্ত, অনুঘটক এবং অনেক সময় বিকারক লেখা হয়। জৈব বিক্রিয়া সাধারণত পরিমাণগত ভাবে ঘটে না এবং মূল বিক্রিয়াজাত ছাড়াও পার্শ্ব বিক্রিয়াজাত (side products) অনেক ক্ষেত্রেই উৎপন্ন হয়, তাই তীর চিহ্ন সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

রানী নিকেল (Raney nickel) অনুঘটক ব্যবহার করে নিম্নতর উষ্ণতায় (পরীক্ষাগারেও উষ্ণতায়ও) বিজারণ ঘটানো যায়। রানী (Raney, 1927) নিকেল অনুঘটক প্রস্তুতির পদ্ধতিটি প্রচলন করেন। সমপরিমাণ নিকেল ও অ্যালুমিনিয়াম যুক্ত ধাতু সংকরকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করে ঘুঁটলে (digested) অ্যালুমিনিয়াম দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং অতি সূক্ষ্ম নিকেলের কণা অবশেষ থাকে। এই অতি সূক্ষ্ম নিকেলের কণা জল দিয়ে ভাল করে ধুয়ে জল বা অ্যালকোহলের মধ্যে রাখা হয়।

এই বিজারণ পদ্ধতিতে মিথেন প্রস্তুত করা যায় না, কারণ একটি কার্বন পরমাণু যুক্ত অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন হয় না।

3A.5b কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ডিকার্বক্সিলেসন

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম ঘটিত অনার্দ্র লবণকে সোডালাইম সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

$$R\boxed{COONa + NaO}H \xrightarrow{CaO} RH + Na_2CO_3$$

[কস্টিক সোডা দ্রবণে উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন যোগ করে ফুটিয়ে নিলে **সোডালাইম** পাওয়া যায়। যদিও বিক্রিয়ায় NaOH অংশগ্রহণ করে (উপরের সমীকরণ দ্রষ্টব্য) সোডালাইম কম জলাকর্ষী এবং এর ব্যবহারে উচ্চ তাপে মিশ্রণ গলে যায় এবং কাচপাত্রের কম ক্ষতি হয় অর্থাৎ কাচপাত্র সহজে ক্ষয়ে যায় না।]

সোডিয়াম অ্যাসিটেট ($R = CH_3$) থেকে মিথেন প্রস্তুতিতেই এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। অন্যান্য ক্ষেত্রে, যেমন সোডিয়াম প্রপিনয়েটকে সোডালাইম সহযোগে উত্তপ্ত করলে, অনেক পদার্থের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় বলে এই পদ্ধতি প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি হিসাবে ব্যবহৃত হয় না।

$$CH_3CH_2COONa \xrightarrow{NaOH/CaO} C_2H_6 + CH_4 + H_2 + \text{অসম্পৃক্ত যৌগ।}$$

এই পদ্ধতিতে প্রকৃতপক্ষে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে CO_2 বার করে দেওয়া হয় এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের COOH প্রতিস্থাপিত হয় H দ্বারা। যে পদ্ধতিতে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড

থেকে COOH বার করে দেওয়া হয় তাকে **ডি-কার্বক্সিলেসন** (De-carboxylation) বলে। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যালকেনে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে একটি কার্বন পরমাণু কম থাকে।

3A.5c অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণ

ধাতু দ্রবীভূত করে অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণের দ্বারা অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায় যেমন, জিঙ্ক/HCl, জিঙ্ক/অ্যাসেটিক অ্যাসিড, জিঙ্ক/সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, Zn-Cu যুগল/ইথানল, অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম/ইথানলের দ্বারা অ্যালকিল হ্যালাইডের বিজারণের ফলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা এই বিজারণ ক্রিয়া ঘটে পূর্বের এই ধারণা এখন পরিত্যক্ত হয়েছে। বর্তমান ধারণা হল এই যে ধাতু অ্যালকিল হ্যালাইডকে ইলেকট্রন দিয়ে বিজারণ ক্রিয়া ঘটায়। জিঙ্ক/কপার যুগল ও অ্যালকোহল দ্বারা বিজারণ এইভাবে দেখানো যায়ঃ

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$$

$$RX + e \rightarrow R^{\cdot} + X^{-} \xrightarrow{e} R:^{-}$$

$$R:^{-} + C_2H_5OH \rightarrow RH + {}^{-}OC_2H_5$$

জিঙ্ক/অ্যাসিড দ্বারা বিজারণে H^+ অ্যাসিড থেকে আসে।

$$RX + Zn + H^+ \rightarrow RH + Zn^{2+} + X^-$$

$$C_2H_5Cl + Zn + HCl \rightarrow C_2H_6 + ZnCl_2$$

প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকিল হ্যালাইডের হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ ঘটালেও অ্যালকেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$R{-}X + H_2 \xrightarrow{Pd} RH + HX$$

3A.5d ভুর্ৎস্ বিক্রিয়া (Wurtz reaction, 1854)

অ্যালকেন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি হল ভুর্ৎস্ বিক্রিয়া। সাধারণ উষ্ণতায় অ্যালকিল হ্যালাইডের শুষ্ক ইথারীয় দ্রবণে ধাতব সোডিয়াম যোগ করে এই বিক্রিয়া ঘটানো হয়—অ্যালকেন এবং সোডিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। অ্যালকিল হ্যালাইড হিসাবে সাধারণত অ্যালকিল ব্রোমাইড বা অ্যালকিল আয়োডাইড ব্যবহার করা হয়।

$$R\boxed{X + 2Na + X}R \xrightarrow{\text{ইথার}} R\text{-}R + 2NaX$$

যেমন, মিথাইল আয়োডাইডের ইথারীয় দ্রবণে ধাতব সোডিয়াম যোগ করলে ইথেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$CH_3\boxed{I + 2Na + I}CH_3 \rightarrow CH_3CH_3 + 2NaI$$

অনুরূপভাবে,

$$\underset{\text{ইথাইল ব্রোমাইড}}{C_2H_5}\boxed{Br + 2Na + Br}\underset{\text{ইথাইল ব্রোমাইড}}{C_2H_5} \xrightarrow{\text{ইথার}} \underset{\text{n-বিউটেন}}{C_2H_5-C_2H_5} + 2NaBr$$

এই বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইডে উপস্থিত কার্বন-সংখ্যার দ্বিগুণ সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

যুগ্ম-সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রতিসম (symmetrical) অ্যালকেনের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়া ব্যবহার করা যায়।

[প্রতিসম অ্যালকেন (দুটি সমান অংশে ভাগ করা যায়) ঃ

$CH_3—CH_2 \vdots CH_2—CH_3$ (দুটি সমান অংশ CH_3CH_2),

$$CH_3—\underset{}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}} \vdots \overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}—CH_3$$ (দুটি সমান অংশ $CH_3\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}$)

প্রতিসম নয় (দুটি সমান অংশে ভাগ করা যায় না) ঃ $CH_3—\overset{CH_3}{\overset{|}{C}H}—CH_3$]

দুটি বিভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইড ব্যবহার করলে এই বিক্রিয়ায় তিনটি অ্যালকেন উৎপন্ন হয় এবং এদের পৃথক করা কষ্টসাধ্য হয়ে পড়ে ঃ

$$RX + R'X \xrightarrow[Na]{\text{ইথার}} R\text{-}R + R'\text{-}R' + R\text{-}R' + NaX$$

দুটি বিভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইড ব্যবহার না করলে এই বিক্রিয়ায় অপ্রতিসম অ্যালকেন পাওয়া সম্ভব নয়। তাই অপ্রতিসম অ্যালকেন প্রস্তুতির জন্য এই বিক্রিয়া ব্যবহারের উপযুক্ত নয়।

3A.5e কোল্‌বের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Kolbe's Electrolytic process, 1848)

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ঘটিত লবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়—অ্যালকেন অ্যানোডে নির্গত হয় ঃ

$$2RCOOK + 2H_2O \rightarrow R\text{-}R + 2CO_2 + H_2 + 2KOH$$
$$2CH_3COOK + 2H_2O \rightarrow CH_3\text{-}CH_3 + 2CO_2 + H_2 + 2KOH$$

বিক্রিয়া ঃ

অ্যানোডে ঃ $2RCOO^- \rightarrow R\text{-}R + 2CO_2 + 2e$

ক্যাথোডে ঃ $2H_2O + 2e \rightarrow 2OH^- + H_2$

দুটি বিভিন্ন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণ ব্যবহার করলে তিনটি অ্যালকেন উৎপন্ন হয় এবং পৃথকীকরণ সমস্যার উদ্ভব হয়।

এই পদ্ধতিতে মিথেন প্রস্তুত করা যায় না।

3A.5f গ্রীগনার্ড বিকারকের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা

অ্যালকিল ম্যাগনেসিয়াম হ্যালাইড, RMgX, গ্রীগনার্ড বিকারক নামে পরিচিত। যেমন, মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড, CH_3MgI, একটি গ্রীগনার্ড বিকারক। জৈব যৌগের সংশ্লেষণে এই বিকারক অপরিসীম গুরুত্বপূর্ণ। এই বিকারকের গুরুত্ব অনুধাবন করে 1912 সালে ফ্রান্সের রসায়নবিদ ভিকতর গ্রীগনার্ডকে পল সাবাতিয়েঁর সঙ্গে একযোগে নোবেল পুরস্কার দেওয়া হয়।

অ্যালকিল হ্যালাইডকে শুষ্ক ইথার মাধ্যমে শুষ্ক ও পরিষ্কার ম্যাগনেসিয়াম সহ উত্তপ্ত করলে গ্রীগনার্ড বিকারক উৎপন্ন হয় ঃ

$$RX + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} RMgX$$

গ্রীগনার্ড বিকারকের উপর জলের ক্রিয়ায় অ্যালকেন উৎপন্ন হয় ঃ

$$RMgX + H_2O \longrightarrow RH + Mg(OH)X$$

$$Mg\begin{cases}\boxed{CH_3\ H}OH \\ I\end{cases} \longrightarrow CH_4 + Mg\begin{cases}OH \\ I\end{cases}$$

3A.5g অ্যালকোহলের HI ও লাল P-দ্বারা বিজারণ (Reduction of Alcohols with HI & Red P)

উচ্চ উষ্ণতায় (150° সে.) অল্প পরিমাণ লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে গাঢ় হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যালকোহলের বিজারণ ঘটিয়ে অ্যালকেন পাওয়া যায়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়োডিন থেকে লাল ফসফরাস আবার হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{অ্যালকোহল}}{ROH} + 2HI \xrightarrow{\text{লাল P, 150° সে.}} \underset{\text{অ্যালকেন}}{RH} + I_2 + H_2O$$

$$\underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} + 2HI \xrightarrow{\text{লাল P, 150° সে.}} \underset{\text{মিথেন}}{CH_4} + I_2 + H_2O$$

3A.6 সাধারণ ধর্ম ও বিক্রিয়া (General Properties and Reactions)

(1) সাধারণ অবস্থায় প্রথম চারটি অ্যালকেন (মিথেন, ইথেন, প্রপেন, বিউটেন) বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ ; C_5 থেকে C_{17} অ্যালকেনগুলি বর্ণহীন তরল এবং C_{18} থেকে অ্যালকেনগুলি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ। অ্যালকেনসমূহ জল থেকে হাল্কা এবং জলে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহল, ইথার, বেনজিন ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে বেশ দ্রাব্য।

(2) অ্যালকেনসমূহ সাধারণত নিষ্ক্রিয় পদার্থ। এরা সাধারণ অবস্থায় সাধারণত অ্যাসিড, ক্ষার, জারক বা বিজারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু বিশেষ অবস্থায় অ্যালকেনসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(a) **দহন :** অ্যালকেনসমূহ দাহ্য পদার্থ। অতিরিক্ত বায়ু বা অক্সিজেনে এরা অদীপ্ত শিখায় জ্বলে এবং কার্বন কার্বন ডাই-অক্সাইডে ও হাইড্রোজেন জলে পরিণত হয়, সঙ্গে নির্গত হয় তাপশক্তি।

$$C_nH_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right)O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O + \text{তাপ।}$$

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

সীমিত বায়ুতে বা অক্সিজেনে পোড়ালে অ্যালকেনের কার্বন বিভিন্ন পরিমাণে কার্বন ও কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।

(b) **অ্যালকেনের মুখ্য বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Reaction) :** এই বিক্রিয়ায় অ্যালকেনের হাইড্রোজেন কোন একযোজী পরমাণু বা গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলিকে প্রতিস্থাপিত পদার্থ বলে। অ্যালকেনের এই রকম কিছু প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া নীচে দেওয়া হল :

(i) **হ্যালোজেনেসন (Halogenation) :** হ্যালোজেনেসন বিক্রিয়ায় অ্যালকেনের হাইড্রোজেন পরমাণু হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

ক্লোরিনেসন বিক্রিয়ার জন্য আলোক বা তাপের প্রয়োজন। যেমন, বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুই একে একে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় (95 পৃষ্ঠা দেখ)।

ব্রোমিনেশন ক্লোরিনেসনের মতই ঘটে তবে বিক্রিয়াটি কম তীব্রতাসম্পন্ন।

আয়োডিনেসন উভমুখী বিক্রিয়া কিন্তু কোন জারক দ্রব্য যেমন আয়োডিক অ্যাসিড (HIO_3), নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদির উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি ঘটালে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড জারিত হয়ে যায় এবং বিক্রিয়া সম্মুখবর্তী হয় :

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI$$

$$5HI + HIO_3 \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$$

(ii) **নাইট্রেসন (Nitration) ঃ** কোন কোন অবস্থায় অ্যালকেন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং অ্যালকেনের হাইড্রোজেন নাইট্রো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। **যে বিক্রিয়ায় জৈব যৌগের হাইড্রোজেন নাইট্রো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তাকে নাইট্রেসন বিক্রিয়া বলে।** উচ্চতর উষ্ণতায় (450°—475°সে.) নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প ও অ্যালকেনের বিক্রিয়ায় নাইট্রো-অ্যালকেন উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{অ্যালকেন}}{RH} + HNO_3 \rightarrow \underset{\text{নাইট্রোঅ্যালকেন}}{RNO_2} + H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় নাইট্রো যৌগসমূহের মিশ্রণ পাওয়া যায়।

(iii) **সালফোনেসন (Sulphonation) ঃ** জৈব যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণুকে সালফোনিক অ্যাসিড গ্রুপ (SO_3H) দিয়ে প্রতিস্থাপনের পদ্ধতিকে সালফোনেসন বিক্রিয়া বলে। ধূমায়মান H_2SO_4 উচ্চতর উষ্ণতায় অ্যালকেনের হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক অ্যাসিড গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত করতে পারে ঃ

$$\underset{\text{অ্যালকেন}}{RH} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{HOSO_3H} \rightarrow \underset{\text{অ্যালকেন সালফোনিক অ্যাসিড}}{RSO_3H} + H_2O$$

(c) **তাপ বিযোজন (Pyrolysis) ঃ** শুধু তাপের সাহায্যে কোন যৌগের বিযোজনকে তাপ বিযোজন বলে। অ্যালকেনের তাপ বিযোজনকে ক্র্যাকিং (Cracking) বলে। 500—600° সে. উষ্ণতায় অ্যালকেন বিভিন্ন ক্ষুদ্রতর অণুতে বিযোজিত হয়ে যায়।

প্রশ্ন ঃ 3.1 সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে হাইড্রোজেনের সংযোগ হতে পারে কি ?

3.2 অ্যালকেনসমূহের প্রাকৃতিক উৎস কি ?

3.3 অ্যালকিন থেকে অ্যালকেন প্রস্তুতিতে অ্যালকিনের প্রতি মোল পিছু কত মোল হাইড্রোজেন সংযুক্ত হয় ?

3.4 অ্যালকাইন থেকে অ্যালকেন প্রস্তুতিতে অ্যালকাইনের প্রতি মোল পিছু কত মোল হাইড্রোজেন সংযুক্ত হয় ?

3.5 অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের হাইড্রোজেনেসন বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত তিনটি অনুঘটকের নাম কর।

3.6 একটি জৈব যৌগের কার্বন—কার্বন দ্বিবন্ধনীকে কিভাবে কার্বন—কার্বন একবন্ধনীতে পরিবর্তিত করা যায় ?

3.7 একটি জৈব যৌগ অ্যালকিন না অ্যালকাইন কিভাবে নির্ণয় করা যায় ?

3.8 অ্যালকেন প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ লেখ।

3.9 ভুর্টস্ বিক্রিয়া ও কোলবের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে মিথেন প্রস্তুত করা যায় কি ?

3.10 ডিকার্বক্সিলেসন বিক্রিয়া কাকে বলে ? একটি উদাহরণ দাও।

3.11 নীচের পদার্থগুলি থেকে অ্যালকেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত বিকারকের নাম লেখ ঃ

(i) সোডিয়াম অ্যাসিটেট (ii) অ্যালকিন (iii) মিথাইল আয়োডাইড (iv) মিথাইল অ্যালকোহল (v) মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড।

3.11a প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া কি ? একটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

মিথেন, CH_4

3A.7 উৎস

বদ্ধ জলাভূমিতে জৈব যৌগের (উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত সেলুলোজের) ব্যাকটেরিয়া ঘটিত বিযোজনের ফলে মিথেন উৎপন্ন হয়। এইজন্য এই গ্যাসটি মার্স গ্যাস (**marsh gas—marshy land** = জলাভূমি) নামেও পরিচিত। ডোবার পাঁক আলোড়িত হলে বুদ্‌বুদ্ আকারে মিথেন গ্যাস নির্গত হয়। প্রাকৃতিক গ্যাসে সুপ্রচুর পরিমাণে (45—96%) মিথেন থাকে। কয়লাখনির গ্যাসে সামান্য মিথেন পাওয়া যায় এবং এই মিথেনই কয়লাখনিতে বিস্ফোরণের কারণ। জলাভূমিতে যে মিথেন উৎপন্ন হয় তার সঙ্গে অনেক সময় ফসফিন ও P_2H_4-ও মিশ্রিত থাকে। P_2H_4 বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে এবং মিথেনকে নীলাভ শিখায় জ্বলতে সাহায্য করে। ফলে আলেয়ার সৃষ্টি হয়।

3A.8 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) পরীক্ষাগার প্রস্তুতি (Laboratory method of preparation) ঃ

শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডালাইমের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণ উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে মিথেন প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{CaO} CH_4 + Na_2CO_3$$

শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সঙ্গে এর তিনগুণ পরিমাণ সোডালাইম ভালভাবে মিশিয়ে নেওয়া হয় এবং এই মিশ্রণকে একটি কর্ক ও নির্গমনল যুক্ত শক্ত কাচের নলে নিয়ে উত্তপ্ত করা হয় (শক্ত কাচের বা তামার ফ্লাস্কও ব্যবহার করা যায়)। প্রথমে বায়ু বার হতে দেওয়া হয় এবং তারপর উদ্ভূত মিথেন গ্যাস জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 3A.1)।



চিত্র 3A.1 ঃ মিথেন প্রস্তুতি।

এইভাবে প্রস্তুত মিথেন গ্যাসে হাইড্রোজেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন প্রভৃতি মিশে থাকে। উদ্ভূত গ্যাসকে অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে অ্যাসিটিলিন এবং পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়ে চালনা করলে ইথিলিন ও জলীয় বাষ্প শোষিত হয়। তারপর কঠিন KOH-এর উপর দিয়ে চালনা করে পারদের নিম্নাপসরণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

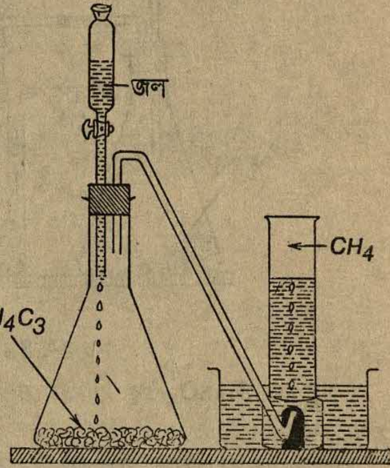
[এই মিথেনে অশুদ্ধিরূপে হাইড্রোজেন থেকে যায়। হাইড্রোজেন দূর করার জন্য অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ অক্সিজেন যোগ করে মিশ্রণকে 100°সে. উষ্ণতায় প্যালাডিয়াম ব্ল্যাক বা প্যালাডিয়াম

অ্যাসবেসটসের উপর দিয়ে চালনা করা হয়। এই অবস্থায় অক্সিজেন সম্পূর্ণ হাইড্রোজেনের সঙ্গে জল উৎপন্ন করে, কিন্তু মিথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এই গ্যাস মিশ্রণকে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের (অতিরিক্ত অক্সিজেন শোষণ করে) এবং গাঢ় H_2SO_4-এর (জলীয় বাষ্প শোষণ করে) ভিতর দিয়ে চালনা করে পারদের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।]

(2) **সাধারণ উষ্ণতায়** অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় মিথেন প্রস্তুত করা যায়ঃ

$$Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 3CH_4 + 4Al(OH)_3$$

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গমনল যুক্ত একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে কিছুটা বালি নিয়ে তার উপর অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের ছোট ছোট টুকরো রাখা হয়-এবং ফানেল থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে জল অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের উপর ফেলা হয়। মিথেন নির্গত হয় এবং জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 3A.2)।



চিত্র 3A.2 ঃ সাধারণ উষ্ণতায় মিথেন প্রস্তুতি।

জলের পরিবর্তে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়। এতে সুবিধা হচ্ছে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের উপর অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের আস্তরণ পড়ার সম্ভাবনা থাকে না।

(3) জিংক-কপার যুগল ও ইথাইল অ্যালকোহল দ্বারা মিথাইল আয়োডাইডের বিজারণ ঘটিয়ে **বিশুদ্ধ মিথেন** প্রস্তুত করা যায়ঃ

$$CH_3I + Zn + C_2H_5OH \rightarrow CH_4 + Zn(OC_2H_5)I$$

[$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$

$$CH_3I + e \rightarrow CH^{\cdot}_3 + I^- \xrightarrow{e} :\bar{C}H_3$$

$$:\bar{C}H_3 + C_2H_5OH \rightarrow CH_4 + C_2H_5\bar{O}$$

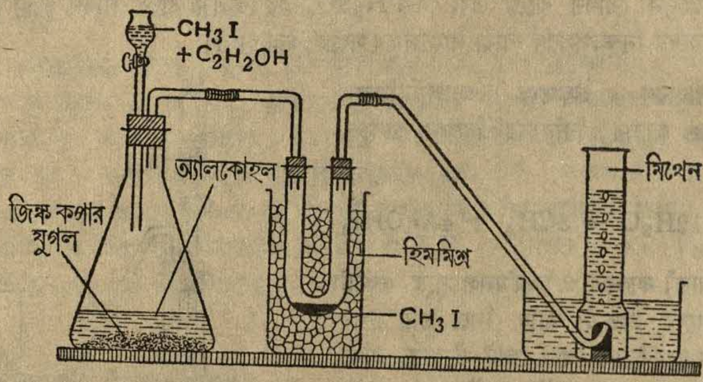
অর্থাৎ, $CH_3I + Zn + C_2H_5OH \rightarrow CH_4 + Zn^{2+} + \bar{I} + \bar{O}C_2H_5$]

কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক-রজ যোগ করলে জিংকের উপর কপারের একটি আবরণ পড়ে, একে বলে জিংক-কপার যুগল। উৎপন্ন এই জিংক-কপার যুগল জল ও অ্যালকোহল দিয়ে ভাল করে ধুয়ে নেওয়া হয়।

জিংক-কপার যুগল বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গমনল যুক্ত একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে অ্যালকোহল দিয়ে ঢেকে দেওয়া হয় এবং **2-3** ফোঁটা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে মিথাইল আয়োডাইড ও 95% অ্যালকোহলের (1 : 1) অনুপাতের দ্রবণ নেওয়া হয় এবং এই দ্রবণ ফানেল থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে কনিক্যাল ফ্লাস্কের ভিতর যোগ করা হয়। মিথেন উদ্ভূত হয়ে নির্গল নল দিয়ে বার হয়ে আসে।

এই মিথেনের সঙ্গে কিছুটা মিথাইল আয়োডাইড বাষ্প চলে আসে। উদ্ভূত গ্যাসকে বরফ-লবণের হিমমিশ্রে শীতল করা একটি খালি **U**-নলের ভিতর দিয়ে চালনা করলে মিথাইল আয়োডাইড

তরলায়িত হয়ে U-নলে জমা হয় এবং মিথেন বার হয়ে আসে। মিথেনকে জলের নিম্নাপসরণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 3A.3)।



চিত্র 3A.3 : CH_3I থেকে মিথেন প্রস্তুতি।

[গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়ে চালনা করে পারদের উপর সংগ্রহ করলে বিশুদ্ধ মিথেন পাওয়া যায়]।

উপরের প্রস্তুতিতে জিংক-কপার যুগলের পরিবর্তে অ্যালুমিনিয়াম-পারদ সংকরও ব্যবহার করা যায়।

(4) মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইডের উপর জলের ক্রিয়ায় মিথেন উৎপন্ন হয় :

$$CH_3MgI + H_2O \rightarrow CH_4 + Mg(OH)I$$

(5) **সংশ্লেষণ (Synthesis) :** মিথেন সংশ্লেষণের পদ্ধতিগুলির শুধু ঐতিহাসিক মূল্য আছে। সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে মিথেন প্রস্তুত করা হয় না। নীচের পদ্ধতিগুলির সাহায্যে মিথেন সংশ্লেষণ করা যায় :

[সংশ্লেষণ : উপাদান মৌলগুলি থেকে কোন যৌগের প্রস্তুতিকে সংশ্লেষণ বলে। জানা গঠন সম্পন্ন বিক্রিয়ক থেকে কোন যৌগের প্রস্তুতি যার ফলে প্রস্তুত যৌগের গঠন জানা যায় তাকেও সংশ্লেষণ বলা হয়।]

(i) কার্বন ইলেকট্রোডের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করলে অল্প পরিমাণে মিথেন উৎপন্ন হয়।

(ii) $CO + 3H_2 \xrightarrow[300^\circ\text{সে.}]{Ni} CH_4 + H_2O$

(iii) $CO_2 + 4H_2 \xrightarrow[400^\circ\text{সে.}]{Ni} CH_4 + 2H_2O$

3A.9 মিথেনের ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reactions of methane)

(1) সাধারণ উষ্ণতায় মিথেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাসীয় পদার্থ ; বায়ু থেকে অনেক হাল্কা এবং জলে খুব সামান্য দ্রাব্য (20°সে. উষ্ণতায় 100 মিলি জলে সাধারণ চাপে প্রায় 5 মিলি মিথেন দ্রবীভূত হয়), কিন্তু ইথানল ও ইথারে দ্রবীভূত হয়। শীতল করে মিথেনকে তরলে ও কঠিনে পরিণত করা যায়, স্ফুটনাঙ্ক −161·4°সে., গলনাঙ্ক −185·8°সে.।

(2) মিথেন অপরের দহনে সহায়তা করে না, কিন্তু নিজে দাহ্য। বায়ুতে বা অক্সিজেনে মিথেন অদীপ্ত ফিকে নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে :

$$CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{\text{শিখা}} CO_2 + 2H_2O + \text{তাপ (213 কি. ক্যালোরি/মোল)}$$

মিথেন ও বায়ু বা অক্সিজেনের মিশ্রণে আগুন ধরিয়ে দিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং এটাই কয়লা খনিতে বিস্ফোরণের কারণ বলে মনে করা হয়।

(3) সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন মিথেন একটি সুস্থিত পদার্থ এবং সাধারণত অ্যাসিড, ক্ষার, সাধারণ জারক বা বিজারক দ্রব্য দ্বারা আক্রান্ত হয় না। প্রকৃতপক্ষে সুস্থিতি ও এই অপেক্ষাকৃত রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলির বিশেষত্ব। সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের মুখ্য বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। মিথেনও মুখ্যত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

সুস্থিতি ও অপেক্ষাকৃত রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের বৈশিষ্ট্য এবং এদের মুখ্য বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন হিসাবে মিথেন অপেক্ষাকৃত সুস্থিত যৌগ এবং মিথেনের মুখ্য বিক্রিয়া প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।

(4) **হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া :**

(i) **ফ্লুওরিন** মিথেনের সঙ্গে প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে কার্বন ও হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড উৎপন্ন করে : $CH_4 + 2F_2 \rightarrow C + 4HF$

(ii) **ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ক্লোরিনের সঙ্গে মিথেনের বিক্রিয়া সবিশেষ উল্লেখযোগ্য। **অন্ধকারে** মিথেন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। **প্রখর সূর্যালোকে** ক্লোরিন মিথেনের সঙ্গে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া করে কার্বন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$CH_4 + 2Cl_2 \rightarrow C + 4HCl$$

বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে (diffused sunlight) ক্লোরিনের সঙ্গে মিথেনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে। ক্লোরিন দ্বারা মিথেনের হাইড্রোজেন পরমাণু একটি একটি করে প্রতিস্থাপিত হয় এবং ক্রমান্বয়ে মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম ও কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl$ (মিথাইল ক্লোরাইড) $+ HCl$

$CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2$ (মিথিলিন ক্লোরাইড) $+ HCl$

$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম) $+ HCl$

$CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড) $+ HCl$

এই বিক্রিয়ায় সর্বদাই মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। মিশ্রণ থেকে উপাদানগুলিকে পৃথক করা যায়। খুব অতিরিক্ত পরিমাণ মিথেন ব্যবহার করলে উপরের বিক্রিয়াটি প্রথম ধাপে (মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্নের পর্যায়ে) সীমাবদ্ধ রাখা যায়। মিথেন (স্ফুটনাঙ্ক $-161^{\cdot}5°$ সে.) ও মিথাইল ক্লোরাইডের (স্ফুটনাঙ্ক $-24°$ সে.) স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে প্রচুর পার্থক্য থাকায় সহজেই এদের পৃথক করা যায়।

(iii) **ব্রোমিন** মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের অনুরূপভাবে কিন্তু অপেক্ষাকৃত ধীর গতিতে বিক্রিয়া করে।

প্রশ্ন : 3.12 উচ্চতাপে বা অতিবেগুনী রশ্মির উপস্থিতিতে মিথেনের সঙ্গে ব্রোমিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি লেখ।

(iv) **আয়োডিনের** সঙ্গে মিথেনের বিক্রিয়া খুব ধীর গতিতে হয় এবং বিক্রিয়াটি উভমুখী।

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI$$

আয়োডিক অ্যাসিড (HIO_3), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), মারকিউরিক অক্সাইড (HgO)

ইত্যাদি জারকদ্রব্য যোগ করে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে দূর করলে বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হয় :

$$5HI + HIO_3 \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$$

(5) **নাইট্রেসন :** নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প 450°—475° সে. উষ্ণতায় মিথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রোমিথেন উৎপন্ন করে :

$$CH_4 + HONO_2 \xrightarrow{450^\circ \text{ সে.}} \underset{\text{নাইট্রোমিথেন}}{CH_3NO_2} + H_2O$$

(6) ওজোন দ্বারা মিথেন জারিত হয়ে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে :

$$CH_4 + 2O_3 \rightarrow HCHO + 2O_2 + H_2O$$

(7) উচ্চ তাপে (1500°সে.) অক্সিজেন দ্বারা মিথেনের নিয়ন্ত্রিত (controlled) আংশিক জারণের ফলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় :

$$6CH_4 + O_2 \xrightarrow{1500^\circ \text{ সে.}} 2CH \equiv CH + 2CO + 10H_2$$

(8) মিথেন ও স্টীমের মিশ্রণ 850°—900° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর রক্ষিত নিকেল অনুঘটকের উপর চালনা করলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

এই গ্যাস সংশ্লেষণ গ্যাস (Synthesis gas) নামে পরিচিত।

(9) মিথেনের অনুঘটক জনিত জারণের দ্বারা মিথানল ও ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

(i) আয়তন অনুসারে (9 : 1 অনুপাতে) মিথেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ 100 বায়ুমণ্ডলের চাপে 200° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত কপার নলের ভিতর দিয়ে চালনা করলে মিথানল পাওয়া যায় :

$$CH_4 + \tfrac{1}{2}O \rightarrow CH_3OH$$

$$(2CH_4 + O_2 \rightarrow 2CH_3OH)$$

(ii) ধাতব অক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে চাপের প্রভাবে 450° সে. উষ্ণতায় মিথেনের বায়ু দ্বারা জারণের ফলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায় :

$$CH_4 + O_2 = HCHO + H_2O$$

3A.10 ব্যবহার (Uses)

(1) মিথেন জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(2) মিথেনকে 1000° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বা মিথেনের অসম্পূর্ণ দহনের ফলে খুব সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত অবস্থায় কার্বন পাওয়া যায়—এই কার্বনকে ভুসা কালি বা কার্বন ব্ল্যাক বলা হয়।

$$C + 2H_2O \xleftarrow{O_2} \boxed{CH_4} \xrightarrow{1000^\circ\text{সে.}} C + 2H_2$$ [এই হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।]

এই কার্বন ব্ল্যাক পেন্ট ও ছাপার কালি প্রস্তুত করতে, টাইপ রাইটারের ফিতায় এবং রাবার শিল্পে মোটরের চাকার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(3) মিথেন থেকে অনেক রাসায়নিক পদার্থ যেমন, মিথাইল ক্লোরাইড, মিথিলিন ক্লোরাইড, অ্যাসিটিলিন, ফরম্যালডিহাইড, মিথানল উৎপাদিত হয়।

(4) মিথেন থেকে CO ও H_2 (সংশ্লেষণ গ্যাস) পাওয়া যায় [বিক্রিয়া (8), পৃঃ 96 দ্রষ্টব্য]। কার্বন মনোক্সাইড 500° সে. উষ্ণতায় Fe_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়া করে CO_2 ও H_2 উৎপন্ন করে :

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

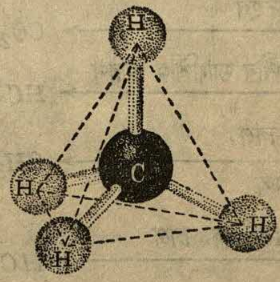
অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণের জন্য এইভাবে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। সংশ্লেষণ গ্যাস থেকে মিথানলও প্রস্তুত করা হয় : সংশ্লেষণ গ্যাস (CO ও H_2-এর অনুপাত 1 : 2 করা হয়) 200 বায়ুমণ্ডলের চাপে কপার অক্সাইড, জিংক অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইড সমন্বিত অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে মিথানল উৎপন্ন হয় :

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$$

তাপ উৎপাদন থেকেও মিথেন বর্তমানে অন্য পদার্থসমূহের উৎপাদনের গুরুত্বপূর্ণ উৎস। হাইড্রোজেন (অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের জন্য), CO ও H_2-এর মিশ্রণ (মিথানল এবং অন্যান্য অ্যালকোহল উৎপাদনের জন্য), অ্যাসিটিলিন (প্রচুর গুরুত্বপূর্ণ জৈব যৌগের উৎপাদনের কাঁচামাল) মিথেন থেকে উৎপাদিত হয়।

3A.11 মিথেনের গঠন

মিথেন অণু সুষম চতুস্তলকীয় (চিত্র 3A.4) প্রতিটি H—C—H বন্ধনী কোণের মান সমান এবং এই মান হল 109°28′ (পৃষ্ঠা 10 দ্রষ্টব্য)।



চিত্র 3A.4 : মিথেনের গঠন।

প্রশ্ন : **3.13** মিথেনের প্রাকৃতিক উৎস কি ? মিথেনকে মার্স গ্যাস বলা হয় কেন ?

3.14 আলেয়া কি ?

3.15 মিথেনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ। এই প্রস্তুতিতে সোডালাইম ব্যবহার করা হয় কেন ?

3.16 সাধারণ উষ্ণতায় মিথেন প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ লেখ।

3.17 সাধারণ উষ্ণতায় বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

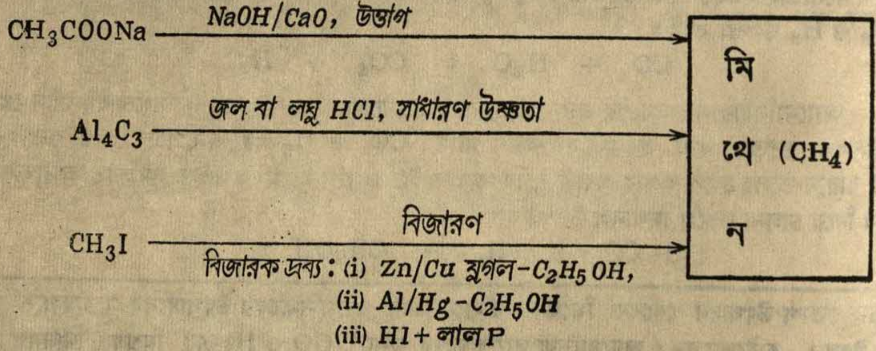
3.18 অ্যাসিটিলিন অবিশুদ্ধিযুক্ত মিথেন থেকে অ্যাসিটিলিন দূর করবে কি ভাবে ?

3.19 ইথিলিন অবিশুদ্ধিযুক্ত মিথেন থেকে ইথিলিন দূর করবে কি ভাবে ?

3.20 বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার সমীকরণ ও উৎপাদিত পদার্থগুলির নাম লেখ। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে মিথাইল ক্লোরাইড উৎপাদন করা যায় কি ভাবে ?

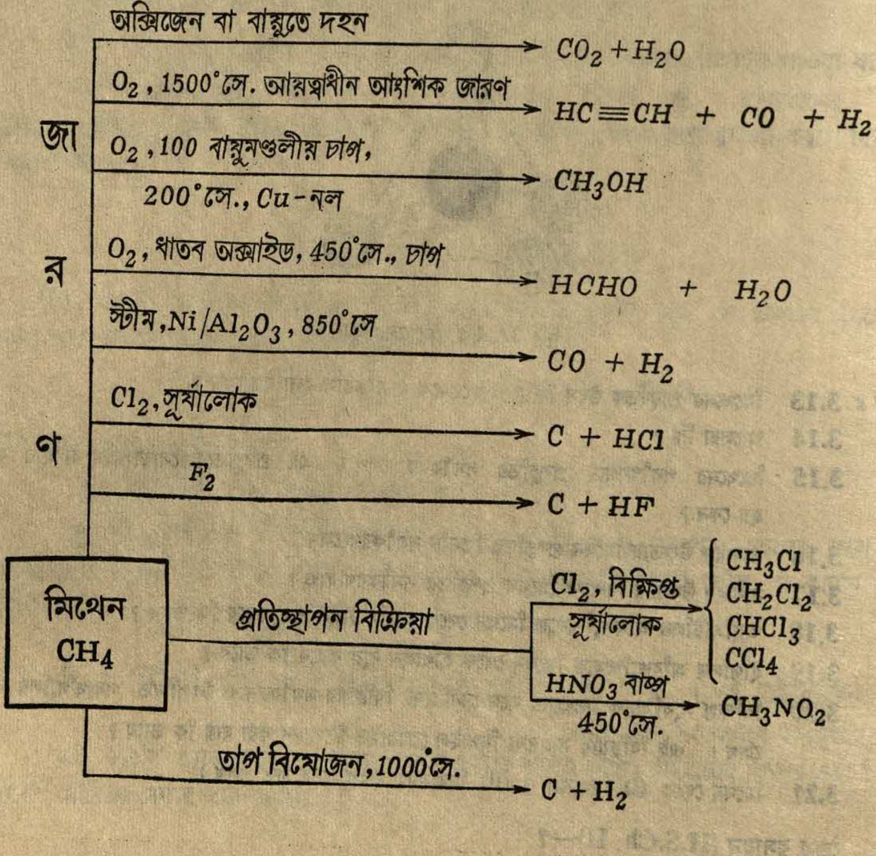
3.21 মিথেন থেকে (i) মিথানল ও (ii) মিথান্যাল উৎপাদনের শর্ত লেখ।

মিথেন প্রস্তুতির চার্ট



শিল্প উৎপাদন : প্রাকৃতিক গ্যাস এবং পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিং থেকে।

মিথেনের বিক্রিয়ার চার্ট



ইথেন, H_3C-CH_3

3A.12 উৎস

প্রাকৃতিক গ্যাস, কোল গ্যাস ও পেট্রোলিয়ামে ইথেন পাওয়া যায়।

3A.13 প্রস্তুতি

অ্যালকেনের প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতির যে কোনটির সাহায্যে ইথেন প্রস্তুত করা যায়।

(1) ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিনের অনুঘটকজনিত হাইড্রোজেনের দ্বারা বিজারণ ঘটালে ইথেন পাওয়া যায়ঃ

$$H_2C=CH_2 + H_2 \xrightarrow[250^\circ \text{সে.}]{\text{Ni-অনুঘটক}} H_3C-CH_3$$

$$HC\equiv CH + 2H_2 \xrightarrow[250^\circ \text{সে.}]{\text{Ni-অনুঘটক}} H_3C-CH_3$$

(2) শুষ্ক সোডিয়াম প্রপানোয়েটকে সোডালাইম সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$\underset{\text{সোডিয়াম প্রপানোয়েট}}{CH_3CH_2COONa} + NaOH \xrightarrow{CaO} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3-CH_3} + Na_2CO_3$$

[প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি 3A.5b (পৃঃ 87) দ্রষ্টব্য।]

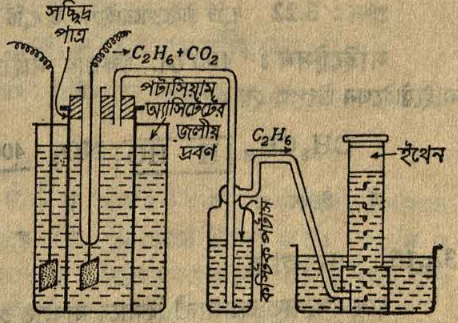
(3) জিঙ্ক-কপার যুগল বা অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম ও ইথাইল অ্যালকোহলের সাহায্যে ইথাইল আয়োডাইডের বিজারণ ঘটিয়ে ইথেন প্রস্তুত করা হয়। পরীক্ষাগারে এইভাবে ইথেন প্রস্তুত করা যায়। পরীক্ষা-পদ্ধতি মিথাইল আয়োডাইড থেকে মিথেন প্রস্তুতির অনুরূপ (পৃঃ 94 দ্রষ্টব্য)।

$$\underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{CH_3CH_2I} \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{\text{Zn/Cu যুগল}} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3CH_3}$$

(4) **ভুর্ৎস্ বিক্রিয়া দ্বারা (By Wurtz reaction)ঃ** শুষ্ক ইথার দ্রবণে মিথাইল আয়োডাইড বা ব্রোমাইডের সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের ক্রিয়ায় ইথেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$H_3C\,|\overline{I + 2Na + I}|\,CH_3 \xrightarrow{\text{ইথার}} H_3C-CH_3 + 2NaI$$

(5) **কোল্বের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির দ্বারা (By Kolbe's Electrolytic Method):** উচ্চ তড়িৎ ঘনত্বে অ্যানোড রূপে প্ল্যাটিনাম ব্যবহার করে শীতল ও গাঢ় পটাসিয়াম বা সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে অ্যানোডে ইথেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অ্যানোডে উদ্ভূত গ্যাসমিশ্রণ গাঢ় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে ধৌত



কোলবে পদ্ধতিতে ইথেন প্রস্তুতি

চিত্র 3A.5

করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারিত হয়। জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে ইথেন গ্যাস সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 3A.5):

$$\underset{\text{পটাসিয়াম অ্যাসিটেট}}{2CH_3COOK} + 2H_2O = \underset{\text{ইথেন}}{CH_3CH_3} + 2CO_2 + H_2 + 2KOH$$

3A.14 ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reactions)

(1) সাধারণ অবস্থায় ইথেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, গ্যাসীয় পদার্থ; স্ফুটনাঙ্ক $-89°$সে.; জলে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহলে দ্রবণীয়।

(2) ইথেন বায়ু বা অক্সিজেনে অদীপ্ত শিখায় জ্বলে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে:

$$2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 + 6H_2O$$

(3) তাপ বিযোজন (Pyrolysis): বায়ুর অনুপস্থিতিতে 700°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে ইথেন বিযোজিত হয়ে মুখ্যত ইথিলিন উৎপন্ন করে:

$$CH_3CH_3 \xrightarrow{700°\text{সে.}} CH_2 = CH_2 + H_2$$

(4) রাসায়নিক ধর্মে ইথেন মিথেনের মতই অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয়। মিথেনের মতই অ্যাসিড, ক্ষার, দ্রবণে জারক বা বিজারক দ্রব্যের সঙ্গে সহজে বিক্রিয়া করে না। মিথেনের মতই ইথেনের বিক্রিয়াও মুখ্যত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।

হ্যালোজেনেসন: ক্লোরিন ও ব্রোমিন মিথেনের মতই ইথেনের সঙ্গে প্রতিস্থাপিত পদার্থ উৎপন্ন করে। কিন্তু এক্ষেত্রে অনেক বেশী ও জটিলতর পদার্থ উৎপন্ন হয়, কারণ ইথেনের ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুই প্রতিস্থাপনীয় এবং প্রতিস্থাপন কালে সমসংকেতধর্মী (isomeric) পদার্থ উৎপন্ন হয়।

যেমন, ইথেনের ক্লোরিনেসন বিক্রিয়ায় একটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হলে ক্লোরোইথেন (ইথাইল ক্লোরাইড) উৎপন্ন হয়। ইথাইল ক্লোরাইডের একটি হাইড্রোজেনের প্রতিস্থাপনের ফলে দুটি সমসংকেত বিশিষ্ট ডাইক্লোরোইথেন উৎপন্ন হয়:

$$\underset{\text{1,2-ডাইক্লোরোইথেন}}{CH_2ClCH_2Cl} \longleftarrow \underset{\text{ক্লোরোইথেন}}{CH_3CH_2Cl} \longrightarrow \underset{\text{1,1-ডাইক্লোরোইথেন}}{CH_3CHCl_2}$$

এইভাবে, দুটি ট্রাইক্লোরোইথেন, দুটি টেট্রাক্লোরোইথেন, পেন্টাক্লোরোইথেন ($Cl_2CH-CCl_3$) ও শেষ পর্যন্ত হেক্সাক্লোরোইথেন (Cl_3C-CCl_3) উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন: 3.22 দুটি ট্রাইক্লোরোইথেন ও দুটি টেট্রাক্লোরোইথেনের গঠন লেখ।

নাইট্রেসন: 400°সে. উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পের সঙ্গে ইথেনের বিক্রিয়ায় নাইট্রোইথেন উৎপন্ন হয়:

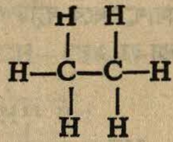
$$\underset{\text{ইথেন}}{CH_3CH_2\boxed{H \quad HO}NO_2} \xrightarrow{400°\text{সে.}} \underset{\text{নাইট্রোইথেন}}{CH_3CH_2NO_2} + H_2O$$

3A.15 ব্যবহার

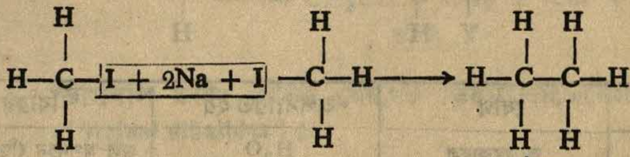
ইথেন মুখ্যত জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইথাইল ক্লোরাইড ও ইথিলিন উৎপাদনেও ইথেন ব্যবহৃত হয়। ইথিলিন অনেক ধরনের গুরুত্বপূর্ণ পদার্থ প্রস্তুতির কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

3A.16 গঠন

কার্বনের চতুঃসমযোজ্যতা ও হাইড্রোজেনের একযোজ্যতার ভিত্তিতে ইথেনের একটি গঠনই সম্ভব ঃ

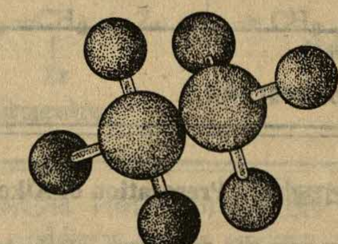


ভুর্ৎস্ বিক্রিয়ার মিথাইল আয়োডাইড থেকে ইথেনের প্রস্তুতির দ্বারা এই গঠন সমর্থিত হয় ঃ



ইথেন

ইথেন অণুর বন্ধনী কোণগুলির প্রতিটির মানই চতুস্তলকীয় বন্ধনী কোণের মানের সমান অর্থাৎ 109°28′ (আনুমানিক)। ইথেন অণুর জ্যামিতিক গঠন চিত্র 3A.6-এ দেখানো হল ঃ



চিত্র 3A.6 ঃ ইথেন ঃ জ্যামিতিক আকৃতি।

প্রশ্ন ঃ 3.23 ইথেন প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ ঃ
(i) একটি অ্যালকিন থেকে (ii) একটি অ্যালকাইন থেকে (iii) একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে (iv) একটি অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে।

3.24 ইথেনের থেকে একটি কার্বন পরমাণু (i) কম (ii) বেশী-যুক্ত যৌগ থেকে ইথেন প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ।

3.25 সাধারণ অবস্থায় ইথেনের ভৌতাবস্থা কিরূপ? ইথেন জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করা যায় কেন? ইথেন অণুর বন্ধনী কোণগুলির মান কত?

3B. অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ঃ অ্যালকিন বা অলিফিন
(Unsaturated Hydrocarbons : Alkenes or olefins)

3B.1 সূচনা (Introduction)

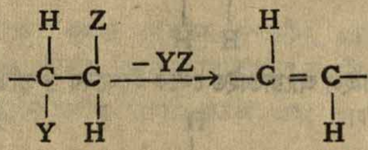
অ্যালকিনের অণুর গঠনে একটি $-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}-$ বা কার্বন–কার্বন দ্বি-বন্ধনী উপস্থিত থাকে। এই যৌগগুলি হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন করে। কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত মুক্তশৃঙ্খল যৌগে সর্বোচ্চ যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকতে পারে তার থেকে কম হাইড্রোজেন পরমাণু থাকায় অ্যালকিনসমূহ অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন নামে পরিচিত।

3B.2 সাধারণ সঙ্কেত (General formula) C_nH_{2n}

3B.3 নামকরণ (Nomenclature) (পৃষ্ঠা 53, 57-58 দ্রষ্টব্য)

3B.4 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (General Methods of Preparation)

শুধু এক-বন্ধনীযুক্ত অণুতে কার্বন—কার্বন দ্বি-বন্ধনী সৃষ্টি করতে অপনয়ন বিক্রিয়ার (Elimination reaction) সাহায্য নেওয়া হয়। অ্যালকিন প্রস্তুতির যে কোন পদ্ধতিতে এক-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণু থেকে দুটি পরমাণু বা গ্রুপের অপনয়ন দ্বারা কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যে দ্বি-বন্ধনী সৃষ্টি করা হয় :

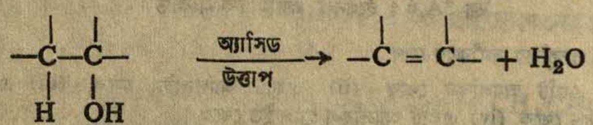


Y, Z-এর প্রকৃতি	যৌগ	অপসারিত হয়	বিক্রিয়া
H, OH	অ্যালকোহল	H_2O	জল-অপনয়ন (ডিহাইড্রেসন)
H, X	অ্যালকিল হ্যালাইড	HX	ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন
X, X	1, 2-ডাইহ্যালোঅ্যালকেন	X_2	ডিহ্যালোজেনেসন
[X = হ্যালোজেন]		–	

প্রস্তুতির পদ্ধতিগুলি নীচে দেওয়া হল :

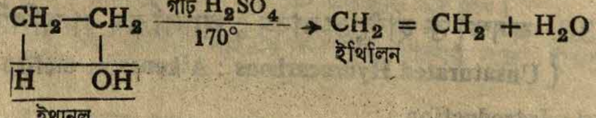
● অ্যালকিনের প্রস্তুতি (Preparation of Alkenes)

1. অ্যালকোহল থেকে জল অণু অপসারণ (Dehydration of alcohols) :



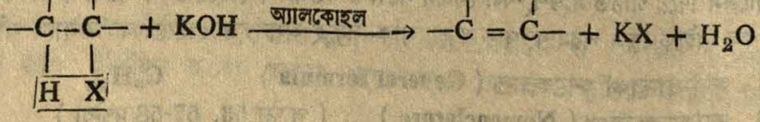
$$\underset{\text{অ্যালকোহল}}{C_nH_{2n+1}OH} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{অ্যাসিড}} \underset{\text{অ্যালকিন}}{C_nH_{2n}} + H_2O$$

উদাহরণ :



ইথানল

2. অ্যালকিল হ্যালাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন (Dehydrohalogenation of alkyl halides) :



উদাহরণ : $\underset{\text{ইথাইল হ্যালাইড}}{\underset{|\text{H}\quad\text{X}|}{\text{CH}_2-\text{CH}_2}} + \text{KOH} \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}} \underset{\text{ইথিলিন}}{\text{CH}_2=\text{CH}_2} + \text{KX} + \text{H}_2\text{O}$

[X = Cl, Br, I]

$$\underset{\text{1-ব্রোমোপ্রপেন}}{\text{CH}_3-\underset{|\text{H}\quad\text{Br}|}{\text{CH}-\text{CH}_2}} + \text{KOH (অ্যালকোহলীয়)}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{প্রপিন}}{\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2} + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$$

3. **ভিসিনাল ডাইহ্যালাইড যৌগের ডিহ্যালোজেনেসন (Dehalogenation of vicinal dihalides) :**

$$-\underset{\text{X}}{\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}}-\underset{\text{X}}{\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}}- + \text{Zn} \longrightarrow -\overset{|}{\text{C}}=\overset{|}{\text{C}}- + \text{ZnX}_2$$

উদাহরণ : $\underset{\text{1, 2-ডাইব্রোমোইথেন}}{\underset{\text{Br}\qquad\text{Br}}{\text{CH}_2-\text{CH}_2}} + \text{Zn} \longrightarrow \underset{\text{ইথিলিন}}{\text{CH}_2=\text{CH}_2} + \text{ZnBr}_2$

এছাড়া (4) অ্যালকাইনের বিজারণ (5) কোল্‌বের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালকিন পাওয়া যায়, এবং (6) পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিং পদ্ধতিতে অনেক অ্যালকিন বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(1) **অ্যালকোহল অণু থেকে জল অণু অপসারণ (Dehydration of alcohol) :**

অ্যালকোহল অণু থেকে এক অণু জল বার করে দিয়ে অ্যালকিন প্রস্তুত করা হয়। অ্যালকোহলের এই নিরুদনের জন্য অ্যাসিডের উপস্থিতি এবং তাপ প্রয়োগ প্রয়োজন। এই বিক্রিয়া সাধারণত দুই ভাবে ঘটানো হয় : (i) অ্যালকোহলকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফোরিক অ্যাসিড সহযোগে প্রায় 170°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে ; (ii) অ্যালকোহল বাষ্পকে 350°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার (Al_2O_3) উপর চালনা করে [অ্যালুমিনা লুইস অ্যাসিড (Lewis acid) হিসাবে কাজ করে।]

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{অ্যাসিড}} \text{C}_n\text{H}_{2n} + \text{H}_2\text{O}$$

$$\underset{|\text{H}\quad\text{OH}|}{\text{CH}_2-\text{CH}_2} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{অ্যাসিড}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

(2) **অ্যালকিল হ্যালাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন (Dehydrohalogenation of alkyl halides) :**

অ্যালকিল হ্যালাইডের অণু থেকে এক অণু হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারিত করে

অ্যালকিন প্রস্তুত করা যায়। অ্যালকিল হ্যালাইডকে **অ্যালকোহলীয়** পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়।

$$\underset{\displaystyle |\qquad\quad |}{CH_2-CH_2}\ \ (\text{H},\ \text{X}) + KOH \xrightarrow{\text{ইথানল}} CH_2 = CH_2 + KX + H_2O \qquad [X = Cl, Br, I]$$

$$CH_3-\underset{|}{CH}-\underset{|}{CH_2}\ (\text{H},\ \text{Br}) + KOH\ (\text{অ্যালকোহলীয়}) \rightarrow CH_3CH = CH_2 + KBr + H_2O$$

[সেটজেফ-নিয়ম (**Saytzeff's rule**) : অ্যালকিল হ্যালাইডের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন বিক্রিয়ায় দুটি বিভিন্ন অ্যালকিন উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা থাকলে সর্বাপেক্ষা বেশী প্রতিস্থাপিত (**more substituted**) অ্যালকিনটি মুখ্য পরিমাণে উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{2-ব্রোমোবিউটেন}}{CH_3CHBrCH_2CH_3} \xrightarrow[\text{অ্যালকোহল}]{KOH} \begin{cases} \underset{\text{2-বিউটিন (80\%)}}{CH_3CH = CHCH_3} \\ \underset{\text{1-বিউটিন (20\%)}}{CH_2 = CHCH_2CH_3} \end{cases}$$

2-বিউটিন দ্বি-প্রতিস্থাপিত ইথিলিন, তাই মুখ্য পরিমাণে উৎপন্ন হয়েছে।]

(3) **ভিসিনাল ডাইহ্যালাইড যৌগের ডিহ্যালোজেনেসন** (**Dehalogenation of vicinal dihalides**) **:**

পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি করে হ্যালোজেন পরমাণু যুক্ত যৌগকে ভিসিনাল ডাইহ্যালাইড বলে। ভিসিনাল ডাইহ্যালাইড অণু থেকে এক অণু হ্যালোজেন অপসারিত করলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। ভিসিনাল ডাইহ্যালাইডের মিথানলীয় দ্রবণকে জিঙ্ক-রজ সহ উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়।

$$\underset{|}{CH_2}-\underset{|}{CH_2}\ (\text{Br},\ \text{Br}) + Zn \xrightarrow{\text{মিথানল}} CH_2 = CH_2 + ZnBr_2$$

(4) **অ্যালকাইনের বিজারণ** (**Reduction of alkynes**) **:**

$$RC \equiv CR \xrightarrow[\text{অ্যামোনিয়া}]{\text{Na/তরল}} RCH = CHR$$

$$RC \equiv C-R \xrightarrow[\text{লিণ্ডলার অনুঘটক}]{H_2} RCH = CHR$$

(Lindlar Catalyst)

[লিণ্ডলার অনুঘটক : বিশেষভাবে প্রস্তুত প্যালাডিয়াম। লেড অ্যাসিটেট দিয়ে আংশিক ভাবে বিষাক্ত করা Pd-$CaCO_3$।]

প্রশ্ন : 3.26 (a) অপনয়ন বিক্রিয়া কাকে বলে? একটি উদাহরণ দাও।

(b) অ্যালকিন প্রস্তুতিতে কি ধরনের বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়? (i) অ্যালকোহল ও (ii) অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে অ্যালকিন প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

3B.5 অ্যালকিনের ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reactions of alkenes)

(1) সাধারণ উষ্ণতায় দুই থেকে চারটি কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকিনগুলি গ্যাসীয় এবং উচ্চতর অ্যালকিনগুলি তরল (15টি কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকিন পর্যন্ত) বা কঠিন পদার্থ।

প্রত্যেকেই জল থেকে হালকা এবং জলে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহল, ইথার ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।

(2) অ্যালকিনগুলি দাহ্য পদার্থ এবং প্রত্যেকেই বায়ুতে বা অক্সিজেনে দীপ্ত ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে :

$$2C_nH_{2n} + 3nO_2 \rightarrow 2nCO_2 + 2nH_2O$$

(3) অ্যালকিনের সব থেকে উল্লেখযোগ্য এবং বিশিষ্ট বিক্রিয়া হল যুত-বিক্রিয়া (Addition reaction)। **যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অণুগুলি পরস্পর যুক্ত হয়ে যায় এবং কোন অণু বার হয়ে যায় না সেই বিক্রিয়াকে বলে যুত-বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ যুত-যৌগ (Addition product) রূপে পরিচিত।**

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{যুত-যৌগ}}{\underset{|\qquad|}{H_2C-CH_2} \atop Br\quad Br} \qquad \text{1, 2 ডাইব্রোমোইথেন}$$

অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সব থেকে উল্লেখযোগ্য এবং বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া হল যুত-বিক্রিয়া :

$$-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}- + YZ \longrightarrow -\underset{Y}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-\underset{Z}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-$$

নীচে অ্যালকিনের গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়াগুলি দেখানো হল :

● অ্যালকিনের বিক্রিয়া : যুত-বিক্রিয়া

$$-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}- + YZ \longrightarrow -\underset{Y}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-\underset{Z}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-$$

(i) **হাইড্রোজেনের সংযুক্তি : অনুঘটকজনিত হাইড্রোজেনেসন**

$$-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}- + H_2 \xrightarrow{\text{Pt, Pd বা Ni}} -\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-\underset{H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-$$

উদাহরণ : $\underset{\text{ইথিন}}{CH_2 = CH_2} \xrightarrow{H_2,\ Ni} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3-CH_3}$

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow{H_2,\ Ni} \underset{\text{প্রপেন}}{CH_3CH_2CH_3}$$

(ii) **হ্যালোজেনের সংযুক্তি :**

$$-\overset{|}{C}=\overset{|}{C}- + X_2 \longrightarrow -\underset{X}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}-\underset{X}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}- \qquad X_2 = Cl_2, Br_2$$

উদাহরণ : $\underset{\text{ইথিন}}{CH_2 = CH_2} \xrightarrow{Br_2/CCl_4} \underset{Br}{CH_2} - \underset{Br}{CH_2}$

1, 2-ডাইব্রোমোইথেন

$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow{Br_2/CCl_4} \underset{\text{1, 2-ডাইব্রোমোপ্রপেন}}{CH_3 - CHBr - CH_2Br}$

(iii) হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সংযুক্তি

$$-\overset{|}{C} = \overset{|}{C}- + HX \longrightarrow -\underset{H}{\overset{|}{C}}-\underset{X}{\overset{|}{C}}- \qquad HX = HCl, HBr, HI$$

উদাহরণ : $\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3\,CH = CH_2} + HI \longrightarrow \underset{\text{2-আয়োডোপ্রপেন}}{CH_3CHICH_3}$

$CH_3CH = CH_2 \xrightarrow{HBr}$

- $\xrightarrow[\text{অনুপস্থিত}]{\text{পারঅক্সাইড}} CH_3CHBrCH_3$
  2-ব্রোমোপ্রপেন
  [মারকনিকফ সংযুক্তি (Markownikoff addition)]
- $\xrightarrow[\text{উপস্থিত}]{\text{পারঅক্সাইড}} CH_3CH_2CH_2Br$
  1-ব্রোমোপ্রপেন
  [মারকনিকফ-এর বিপরীত সংযুক্তি]

(iv) সালফিউরিক অ্যাসিড সংযুক্তি :

$$-\overset{|}{C} = \overset{|}{C}- + H-O-SO_3H \longrightarrow -\underset{H}{\overset{|}{C}}-\underset{OSO_3H}{\overset{|}{C}}-$$

উদাহরণ : $CH_2 = CH_2 + HOSO_3H\,(\text{গাঢ়}) \longrightarrow CH_3CH_2OSO_3H$

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} + HOSO_3H\,(\text{গাঢ়}) \longrightarrow CH_3-\underset{OSO_3H}{CH}-CH_3$

আইসোপ্রপাইল হাইড্রোজেন সালফেট

(v) জল-যোজন (হাইড্রেসন) :

$$-\overset{|}{C} = \overset{|}{C}- + HOH \xrightarrow{H^+} -\underset{H}{\overset{|}{C}}-\underset{OH}{\overset{|}{C}}-$$

উদাহরণ : $\underset{\text{ইথিন}}{CH_2 = CH_2} \xrightarrow{H_2O,\ H^+} \underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH}$

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow{H_2O,\ H^+} CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}H-CH_3$$

2-প্রপানল

(vi) **হ্যালোহাইড্রিন গঠন :**

$$-\overset{|}{C} = \overset{|}{C}- + X_2 + H_2O \longrightarrow -\underset{\underset{X}{|}}{\overset{|}{C}}-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{|}{C}}- + HX \qquad X_2 = Cl_2,\ Br_2$$

উদাহরণ : $\underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + Br_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}-\underset{\underset{Br}{|}}{CH_2} + HBr$

ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} + Cl_2 + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH_2} + HCl$$

1-ক্লোরো-2-প্রপানল

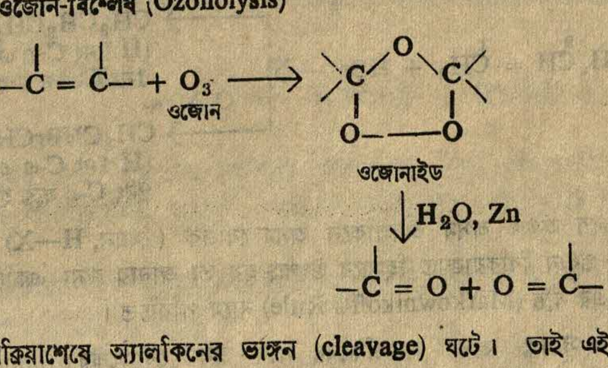
(vii) **হাইড্রক্সিলেশন ($KMnO_4$ দ্বারা জারণ)**

$$-\overset{|}{C} = \overset{|}{C}- + KMnO_4 \longrightarrow -\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{|}{C}}-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{|}{C}}-$$

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow{KMnO_4} CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}$$

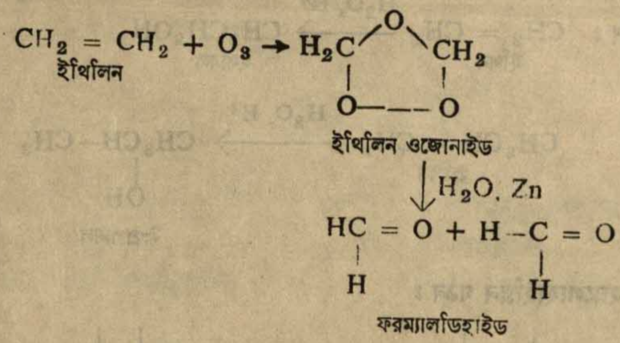
1, 2-প্রপেনডাইঅল

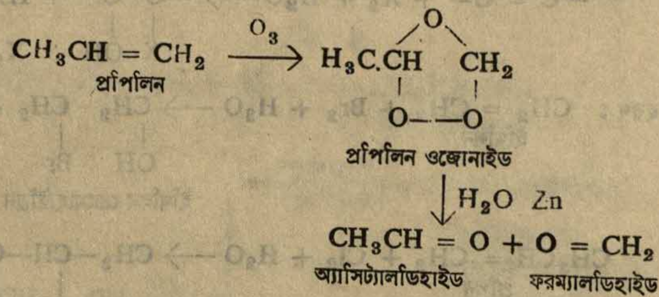
(viii) **ওজোন-বিশ্লেষ (Ozonolysis)**



[এই বিক্রিয়াশেষে অ্যালকিনের ভাঙ্গন (cleavage) ঘটে। তাই এই বিক্রিয়াকে ভাঙ্গন-বিক্রিয়া (cleavage reaction) বলাই ভাল।]

উদাহরণ ঃ





উপরের বিক্রিয়াগুলি ইথিলিনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে আলোচনা করা হল। এখানে দুটি বিক্রিয়া হাইড্রোজেন হ্যালাইড সংযুতি ও ওজোন-বিশ্লেষ একটু বিশদরূপে আলোচিত হল।

● **অ্যালকিল হ্যালাইড গঠন ঃ অ্যালকিনে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সংযুক্তি ঃ**

HCl, HBr, HI অ্যালকিনের সঙ্গে যুত-বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$RCH = CH{-}R + HX \rightarrow RCH_2CH(X)R \qquad HX = HCl, HBr, HI$$

যদি অ্যালকিন সিমেট্রিকাল হয় তবে এই বিক্রিয়ায় একটিই যুত-যোগ উৎপন্ন হতে পারে। কিন্তু অসম অ্যালকিনের ক্ষেত্রে দুটি বিভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্নের সম্ভাবনা থাকে। যেমন প্রপিনের সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় 1-ব্রোমোপ্রপেন ও 2-ব্রোমোপ্রপেন দুটি যৌগই উৎপন্ন হতে পারে ঃ

$$\overset{3}{C}H_3\overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2 + HBr \longrightarrow$$

- $\longrightarrow CH_3CH_2CH_2Br$ (H 2নং C-এ এবং Br 1নং C-এ যুক্ত হয়)
- $\longrightarrow CH_3CHBrCH_3$ (H 1নং C-এ এবং Br 2নং C-এ যুক্ত হয়)

এই সব ক্ষেত্রে অর্থাৎ অসম অ্যালকিনে অসম যোজক (যেমন, H—X) সংযুক্তির ক্ষেত্রে কোন্ যুত-যৌগটি প্রধান বিক্রিয়াজাত হিসাবে উৎপন্ন হয় তা জানার জন্য একটি সূত্র আছে। সূত্রটি মারকনিকফ-এর সূত্র (Markownikoff's Rule) নামে পরিচিত।

মারকনিকফ সূত্র ঃ অসম অ্যালকিনের সঙ্গে অসম যোজকের (addendum) যুত বিক্রিয়ায় বিকারকের ঋণাত্মক অংশটি দ্বিবন্ধনী দ্বারা যুক্ত কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যে সেই

কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় যার সঙ্গে সব থেকে কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে। তাহলে প্রাপিনের সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় মুখ্য জাত পদার্থ হল 2-ব্রোমোবিউটেন।

সব থেকে কম সংখ্যক হাইড্রোজেন যুক্ত C ; ঋণাত্মক অংশ

$$CH_3CH{-}{-}{-}CH_2 \; + \; H{-}{-}{-}Br \longrightarrow CH_3CHBrCH_3$$

2-ব্রোমোপ্রপেন

আগে আলোচিত বিক্রিয়াগুলিতে (পৃঃ 106-107) যেমন, প্রপিনের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের সংযুক্তি, জলযোজন, হ্যালোহাইড্রিন বিক্রিয়া মারকনিকফের সূত্র অনুযায়ী সংযুক্তি ঘটেছে।

মারকনিকফের সূত্র সবক্ষেত্রেই সত্য নয়। **এই সূত্রের ব্যতিক্রম আছে। মারকনিকফের সূত্রের ব্যতিক্রম : পারঅক্সাইড প্রতিক্রিয়া (Peroxide effect)**—পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে অসম অ্যালকিনের সঙ্গে HBr-এর যুত-বিক্রিয়ায় মারকনিকফের বিপরীত দিকে সংযুক্তি ঘটে, অর্থাৎ Br বেশী সংখ্যক H-যুক্ত C-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় :

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} + HBr \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} \underset{\text{1-ব্রোমোপ্রপেন}}{CH_3CH_2CH_2Br}$$

এখানে মনে রাখা প্রয়োজন **HCl, HI-এর সঙ্গে** অ্যালকিনের বিক্রিয়ায় এই ব্যতিক্রম দেখা যায় না। কোথায় মারকনিকফ সূত্র অনুযায়ী সংযুক্তি ঘটে এবং কোথায় এর ব্যতিক্রম ঘটে বিক্রিয়ার কৌশল (Mechanism of reactions) জানার পর পরিষ্কার বুঝতে পারবে।

প্রশ্ন : 3.27 অ্যালকিনের মুখ্য বিক্রিয়া কি? একটি অ্যালকিনের গঠন লেখ। অ্যালকিনটির সঙ্গে (i) Br_2/CCl_4, (ii) Br_2/H_2O, (iii) HBr, (iv) O_3-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

ওজোন-বিশ্লেষ (Ozonolysis) : ওজোন দ্বারা আক্রান্ত হয় না এমন কোন দ্রাবকে (যেমন, ক্লোরোফর্ম, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড) দ্রবীভূত অ্যালকিনের মধ্য দিয়ে ওজোন গ্যাস (ওজোনিত অক্সিজেন অর্থাৎ অক্সিজেন মিশ্রিত ওজোন গ্যাস) চালনা করলে ওজোন অ্যালকিনের সঙ্গে অ্যালকিন ওজোনাইড যৌগ গঠন করে :

$$\underset{\text{অ্যালকিন}}{RCH = CHR'} + O_3 \longrightarrow \underset{\text{অ্যালকিন ওজোনাইড}}{\begin{array}{c} RCH{-}O{-}CHR' \\ | \qquad\quad | \\ O{-}{-}{-}O \end{array}}$$

এই অ্যালকিন ওজোনাইড যৌগ বিযোজিত করলে (যেমন, Zn-রজ-জল দিয়ে আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে) অ্যালকিনের গঠন অনুযায়ী অ্যালডিহাইড বা/এবং কিটোন যৌগ উৎপন্ন হয় (জিঙ্ক H_2O_2-কে বিযোজিত করতে সাহায্য করে—H_2O_2 থাকলে অ্যালডিহাইডকে অ্যাসিডে জারিত করে দিতে পারে) :

$$\begin{array}{c} RCH{-}O{-}CHR' \\ | \qquad\quad | \\ O{-}{-}{-}O \end{array} + H_2O \xrightarrow{Zn} RCHO + R'CHO + H_2O_2$$

অ্যালকিনের সঙ্গে ওজোনের বিক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠন, ওজোনাইডের বিযোজন এবং তার ফলে উৎপন্ন অ্যালডিহাইড বা/এবং কিটোনের সনাক্তকরণ—এই পুরো পদ্ধতিকে ওজোন-বিশ্লেষ বলে।

ওজোন-বিশ্লেষে কি কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয় তা অ্যালকিনের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। উপরের উদাহরণে (RCH = CHR')

(1) R = R' = H হলে যৌগটি ইথিলিন এবং ওজোন-বিশ্লেষের ফলে 1 অণু ইথিলিন থেকে উৎপন্ন হয় 2 অণু ফরম্যালডিহাইড ;

(2) $R=H$, $R'=$ অ্যালকিল গ্রুপ হলে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে উৎপন্ন হয় HCHO (ফরম্যালডিহাইড) ও R′CHO। যেমন $R'=CH_3$ হলে যৌগটি $CH_2=CHCH_3$ (প্রপিন) এবং ওজোন-বিশ্লেষের ফলে HCHO (ফরম্যালডিহাইড) ও CH_3CHO (অ্যাসিট্যালডিহাইড) উৎপন্ন করে।

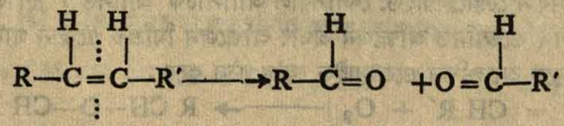
অর্থাৎ কোন অ্যালকিনে প্রান্তিক $=CH_2$ থাকলে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে একটি যৌগ হিসাবে ফরম্যালডিহাইড সর্বদা উৎপন্ন হয়।

(3) $R=$ অ্যালকিল, $R'=$ অ্যালকিল হলে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে 2 অণু অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। যেমন $R=R'=CH_3$ হলে যৌগটি $CH_3CH=CHCH_3$ (2-বিউটিন)। ওজোন-বিশ্লেষের ফলে 1 অণু 2-বিউটিন থেকে 2 অণু অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। আবার, অ্যালকিনটির দ্বি-বন্ধ যুক্ত কার্বনের সঙ্গে কোন হাইড্রোজেন পরমাণু না থাকলে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে কিটোন উৎপন্ন হয়। যেমন—

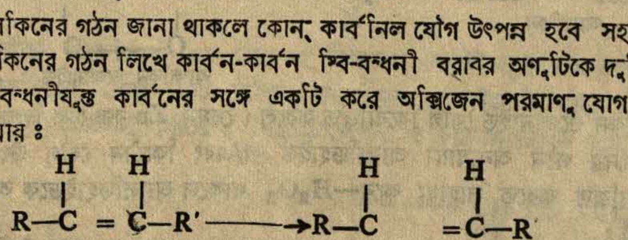
(i) $CH_3CH=\overset{\overset{\large CH_3}{|}}{C}—CH_3$ (2-মিথাইল-2-বিউটিন) থেকে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে CH_3CHO ও CH_3COCH_3 উৎপন্ন হয়।

(ii) $CH_3—\overset{\overset{\large CH_3}{|}}{C}=\overset{\overset{\large CH_3}{|}}{C}—CH_3$ (2, 2-ডাইমিথাইল-2-বিউটিন) থেকে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে 2 অণু অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয়।

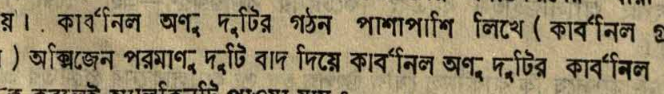
ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালকিনে কার্বন—কার্বন দ্বি-বন্ধের স্থান নির্ণয় করা যায়। অ্যালকিনের ওজোন-বিশ্লেষে 1 অণু অ্যালকিন থেকে 2 অণু কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয় এবং অ্যালকিনের যে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দ্বি-বন্ধ থাকে সেই দুটি কার্বন পরমাণুতে কার্বনিল গ্রুপ উৎপন্ন হয়ঃ



[অ্যালকিনের গঠন জানা থাকলে কোন্ কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হবে সহজেই বলে দেওয়া যায়। অ্যালকিনের গঠন লিখে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী বরাবর অণুটিকে দুটি অংশে ভাগ করে প্রতিটির দ্বি-বন্ধনীযুক্ত কার্বনের সঙ্গে একটি করে অক্সিজেন পরমাণু যোগ করলেই কার্বনিল যৌগ পাওয়া যায়ঃ



তা হলে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে উৎপন্ন কার্বনিল যৌগের সনাক্তকরণের দ্বারা অ্যালকিনের গঠন জানা যায়। কার্বনিল অণু দুটির গঠন পাশাপাশি লিখে (কার্বনিল গ্রুপ দুটিকে মুখোমুখি রেখে) অক্সিজেন পরমাণু দুটি বাদ দিয়ে কার্বনিল অণু দুটির কার্বনিল কার্বনদ্বয়কে দ্বি-বন্ধ দ্বারা যুক্ত করলেই অ্যালকিনটি পাওয়া যায়ঃ



নীচের সারণীতে ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়াতে অ্যালকিনের প্রকৃতি অনুযায়ী উৎপন্ন কার্বনিল যৌগ দেখানো হল :

অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত	R গ্রুপগুলির প্রকৃতি	অ্যালকিনের প্রকৃতি	ওজোন-বিশ্লেষে উৎপন্ন কার্বনিল যৌগ
$R_1-\underset{}{\overset{R_2}{C}}=\overset{R_3}{C}-R_4$	(1) $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = H$	$H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H$	$HCHO + HCHO$ (ইথিলিনের ওজোন-বিশ্লেষে শুধু ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়)।
	(2) $R_1 = R_2 = R_3 = H$ R_4 = অ্যালকিল	$H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-R_4$	$HCHO + R_4CHO$
		উদা : $H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-CH_3$	$HCHO + CH_3CHO$
	(3) $R_1 = H$, R_2 = অ্যালকিল $R_3 = H$, R_4 = অ্যালকিল	$H-\overset{R_2}{C}=\overset{R_4}{C}-H$	$R_2CHO + R_4CHO$
		উদা : $H-\overset{CH_3}{C}=\overset{CH_3}{C}-H$ (2-বিউটিন)	$CH_3CHO + CH_3CHO$
	(4) $R_1 = R_2 = H$, R_3 = অ্যালকিল, R_4 = অ্যালকিল	$H-\overset{H}{C}=\overset{R_3}{C}-R_4$	$HCHO + \frac{R_3}{R_4}\rangle C=O$
		উদা : $H-\overset{H}{C}=\overset{CH_3}{C}-CH_3$ (2-মিথাইলপ্রপিন)	$HCHO + \frac{CH_3}{CH_3}\rangle C=O$
	(5) $R_1 = H$, R_2 = অ্যালকিল, R_3 = অ্যালকিল, R_4 = অ্যালকিল	$H-\overset{R_2}{C}=\overset{R_3}{C}-R_4$	$R_2CHO + \frac{R_3}{R_4}\rangle C=O$
		উদা : $H-\overset{CH_3}{C}=\overset{CH_3}{C}-CH_3$ (2-মিথাইল-2-বিউটিন)	$CH_3CHO + \frac{CH_3}{CH_3}\rangle C=O$
	(6) R_1, R_2, R_3, R_4 সবগুলিই অ্যালকিল গ্রুপ	$R_1-\overset{R_2}{C}=\overset{R_3}{C}-R_4$	$\frac{R_1}{R_2}\rangle C=O + \frac{R_3}{R_4}\rangle C=O$
		উদা : $CH_3-\overset{CH_3}{C}=\overset{CH_3}{C}-CH_3$ (2, 3-ডাইমিথাইল-2-বিউটিন)	$\frac{CH_3}{CH_3}\rangle C=O + \frac{CH_3}{CH_3}\rangle C=O$

[(1) বৃত্তাকার অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন থেকে ওজোন-বিশ্লেষের ফলে 1 অণু ডাই-কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন, সাইক্লোবিউটিন থেকে উৎপন্ন হয় বিউটান-1, 4-ডাইঅ্যাল ঃ

$$\begin{array}{l} CH_2-CH \\ \,|\qquad\quad \| \\ CH_2-CH \end{array} \xrightarrow{\text{ওজোন-বিশ্লেষ}} OHCCH_2CH_2CHO$$

সাইক্লোবিউটিন বিউটান-1, 4-ডাইঅ্যাল

(2) দুটি দ্বি-বন্ধনী যুক্ত যৌগের ওজোন-বিশ্লেষের ফলে কার্বনিল ও ডাই-কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন, 1,3-বিউটাডাইইনের ওজোন-বিশ্লেষের ফলে গ্লাইঅক্সাল ও ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$H_2C \vdots= CH-CH =\vdots CH_2 \xrightarrow{\text{ওজোন-বিশ্লেষ}} HCHO + OHC\cdot CHO + HCHO]$$

1,3-বিউটাডাইইন গ্লাইঅক্সাল

প্রশ্ন ঃ **3.28** নিম্নের যৌগগুলির ওজোন-বিশ্লেষের ফলে উৎপন্ন কার্বনিল যৌগগুলির গঠন ও নাম লেখ ঃ

(i) ইথিলিন, (ii) প্রপিন, (iii) 1-বিউটিন, (iv) 2-বিউটিন, (v) 2-মিথাইলপ্রপিন, (vi) 1-পেন্টিন, (vii) 2-পেন্টিন, (viii) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}} = CHCH_3$,

(ix) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}} = \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_3$, (x) $CH_3CH = \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2CH_3$

3.29 কোন যৌগের ওজোন-বিশ্লেষের ফলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া গেলে যৌগের গঠন সম্বন্ধে কি ধারণা করা যায়?

3.30 C_4H_8 সংকেতসম্পন্ন অ্যালকিনগুলির গঠন ও নাম লেখ। ওজোন-বিশ্লেষের সাহায্যে কি ভাবে এদের সনাক্ত করা যায় দেখাও।

3.31 ওজোন-বিশ্লেষ থেকে নীচের কার্বনিল যৌগগুলি পাওয়া গেল ঃ

(i) শুধু ফরম্যালডিহাইড, (ii) শুধু অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) শুধু অ্যাসিটোন, (iv) ইথান্যাল ও মিথান্যাল, (v) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন, (vi) প্রপান্যাল ও মিথান্যাল, (vii) অ্যাসিটোন ও ফরম্যালডিহাইড, (viii) গ্লাইঅক্সাল ও ফরম্যালডিহাইড, (ix) বিউটান-1, 4-ডাইঅ্যাল, (x) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন।

প্রতিটি ক্ষেত্রে অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যৌগের গঠন ও নাম লেখ।

ইথিলিন, $H_2C = CH_2$

3B.6 উৎস (Source)

কোল গ্যাসে ইথিলিন (আয়তন অনুসারে 6%) উপস্থিত আছে। প্রাকৃতিক গ্যাসেও ইথিলিন থাকে। কাঁচা ফলে ইথিলিন খুব অল্প পরিমাণে থাকে। পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিং-এ উপজাত হিসাবে ইথিলিন পাওয়া যায়।

3B.7 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার প্রস্তুতি ঃ** ইথাইল অ্যালকোহল ও অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 (প্রায় 3 গুণ আয়তন) 165°—170°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুত করা হয়।

অতি শক্তিশালী নিরুদক গাঢ় H_2SO_4 ইথাইল অ্যালকোহল অণু থেকে এক অণু জল নিষ্কাশিত করে ইথিলিন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি সম্ভবত দুটি ধাপে ঘটে :

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2O-SO_3H} + H_2O$$

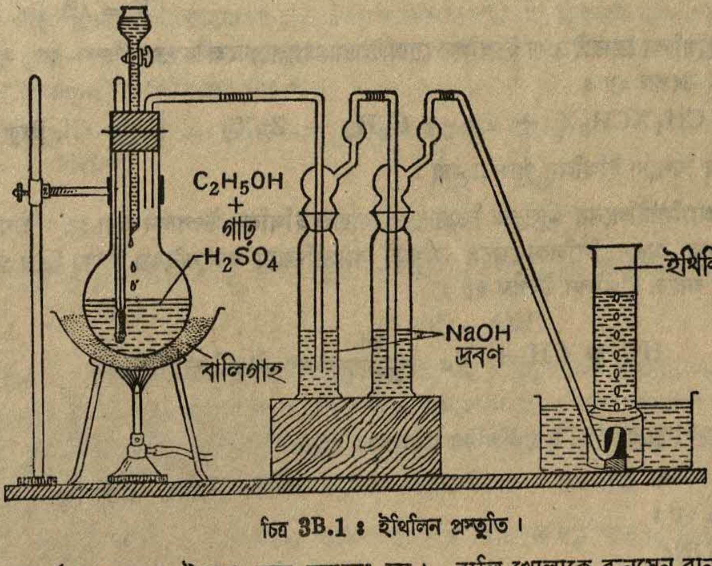
$$\underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2-OSO_3H} \xrightarrow{165^\circ\text{সে.}-170^\circ\text{সে.}} \underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C=CH_2} + H_2SO_4$$

এই বিক্রিয়া অনুসারে H_2SO_4 অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু কিছুটা H_2SO_4 বিজারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করে :

$$C_2H_5OH + 6H_2SO_4 = 2CO_2 + 6SO_2 + 9H_2O$$

> অ্যালকোহল ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল অতিরিক্ত থাকলে 140°সে. উষ্ণতায় ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় (পরে দ্রষ্টব্য)। সুতরাং বিক্রিয়ার শর্তানুসারে একই বিক্রিয়ক দ্রব্য থেকে বিভিন্ন বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হতে পারে। নির্দিষ্ট বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করার জন্য নির্দিষ্ট শর্ত আরোপ করে বিক্রিয়া সংঘটিত করা হয়।

পদ্ধতি : একটি গোলতল ফ্লাস্কে 1 ভাগ ইথাইল অ্যালকোহল ও 3 ভাগ গাঢ় H_2SO_4, কয়েকটি কাচের টুকরা এবং অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম সালফেট (অতিরিক্ত ফেনা বন্ধ করার জন্য) নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটিকে একটি বালি খোলায় (sand bath) বসানো হয়। গোলতল ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল একটি নির্গমনল ও একটি থার্মোমিটার লাগানো হয়—লক্ষ্য রাখা হয় যেন থার্মোমিটারের কুণ্ড ফ্লাস্কের তরলে নিমজ্জিত থাকে। নির্গমনলটি গাঢ় NaOH দ্রবণ যুক্ত দুটি গ্যাস ধাবকের সঙ্গে যুক্ত করা হয় এবং শেষের গ্যাস ধাবকটির সঙ্গে যুক্ত নির্গমনলের শেষ প্রান্ত একটি জলপূর্ণ গ্যাস দ্রোণীর জলে নিমজ্জিত রাখা হয় এবং তার উপর



চিত্র 3B.1 : ইথিলিন প্রস্তুতি।

একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করে বসানো হয়। বালি খোলাকে বুনসেন বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় এবং এইভাবে ফ্লাস্কের তরলকে 165°—170°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তরল ফুটতে থাকে এবং ইথিলিন গ্যাস নির্গত হয়। উৎপন্ন ইথিলিন গ্যাসের সঙ্গে সামান্য পরিমাণ CO_2, SO_2 ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। নির্গমনল দিয়ে বার হয়ে এসে NaOH-যুক্ত গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করার সময় এই সমস্ত পদার্থ দূর হয়ে যায় এবং ইথিলিন গ্যাস জলের

নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয় (চিত্র 3B.1)। ইথিলিনের নির্গমন শ্লথ হয়ে এলে বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ধীরে ধীরে ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4-এর সমায়তনিক মিশ্রণ যোগ করা হয়। (মনে রাখা প্রয়োজন প্রতি অণু ইথাইল অ্যালকোহল ইথিলিনে পরিণত হওয়ার সময় 1 অণু করে জল উৎপন্ন হয়। ফলে এক সময় H_2SO_4 এত লঘু হয়ে পড়ে যে এর নিরুদন ক্ষমতা আর থাকে না।)

H_2SO_4-এর পরিবর্তে সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করে 200°সে. উষ্ণতায় বিশুদ্ধতর ইথিলিন প্রস্তুত করা যায়। অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড ব্যবহার করেও ইথিলিন প্রস্তুত করা যায়।

(2) শক্তিশালী নিরুদক ফসফরাস পেন্টাক্সাইডের সঙ্গে ইথাইল অ্যালকোহলকে উত্তপ্ত করলে ইথিলিন উৎপন্ন হয়ঃ

$$3C_2H_5OH + P_2O_5 = 3C_2H_4 + 2H_3PO_4$$

(3) 350°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে ইথাইল অ্যালকোহলের বাষ্প চালিত করলে ইথিলিন উৎপন্ন হয় (শিল্প পদ্ধতি)ঃ

$$C_2H_5OH \xrightarrow[350^\circ\text{সে.}]{Al_2O_3} H_2C = CH_2 + H_2O$$

(4) ইথাইল ক্লোরাইডকে NaOH বা KOH-এর ইথাইল অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অপসারিত হয় এবং ইথিলিন উৎপন্ন হয়। ইথাইল ব্রোমাইড ও ইথাইল আয়োডাইড থেকেও অনুরূপভাবে ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

$$CH_3CH_2X + KOH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{অ্যালকোহল}} H_2C = CH_2 + KX + H_2O$$

[X = Cl, Br, I]

(5) ইথিলিন ক্লোরাইড বা ইথিলিন ব্রোমাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ জিঙ্ক-রজ সহ উত্তপ্ত করলে ইথিলিন উৎপন্ন হয়ঃ

$$CH_2XCH_2X + Zn \rightarrow C_2H_4 + ZnX_2 \qquad [X = Cl, Br]$$

এইভাবে বিশুদ্ধ ইথিলিন পাওয়া যায়।

(6) অ্যাসিটিলিনের আংশিক বিজারণের দ্বারাও ইথিলিন উৎপাদন করা হয়। অ্যাসিটিলিন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ সিলিকা-জেলে রক্ষিত প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপর দিয়ে 200° সে. উষ্ণতায় চালনা করলে ইথিলিন উৎপন্ন হয়ঃ

$$HC \equiv CH + H_2 \xrightarrow[200^\circ\text{ সে.}]{Pd} H_2C = CH_2$$

(7) কোল্‌বে পদ্ধতি (Kolbe Process)ঃ

পটাসিয়াম বা সোডিয়াম সাক্সিনেটের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারাও ইথিলিন উৎপন্ন হয়ঃ

$$\begin{array}{l} CH_2COONa \\ | \\ CH_2COONa \end{array} + 2H_2O \rightarrow CH_2 = CH_2 + 2CO_2 + 2NaOH + H_2$$

সোডিয়াম সাক্সিনেট

(8) পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিং পদ্ধতিতেও ইথিলিন উৎপাদন করা হয়।

প্রশ্ন : 3.32 (i) ইথাইল অ্যালকোহল, (ii) ইথাইল ক্লোরাইড, (iii) 1, 2-ডাইব্রোমোইথেন, (iv) অ্যাসিটিলিন থেকে ইথিলিন প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

3B.8 ভৌতধর্ম (Physical Properties)

ইথিলিন মৃদু মিষ্টিগন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস, গলনাঙ্ক —169·5° সে. ; জলে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব তরল অ্যালকোহল বা ইথারে দ্রবণীয়। ইথিলিনের চেতনানাশক গুণ আছে।

3B.9 বিক্রিয়া (Reaction)

ইথিলিনে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি দ্বি-বন্ধ আছে। এই দ্বি-বন্ধের উপস্থিতি ইথিলিনকে তার অনুষঙ্গী দুটি কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকেন ইথেন থেকে অপেক্ষাকৃত কম স্থায়িত্ব প্রদান করে—সুতরাং ইথিলিন অপেক্ষাকৃত বেশী বিক্রিয়াশীল। ইথিলিন সহজেই জারিত হয়ে যায় এবং যুত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। যুত-বিক্রিয়ায় ইথিলিনের দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে একটি করে একযোজী পরমাণু বা গ্রুপ যুক্ত হয় এবং কার্বন পরমাণু দুটির মধ্যে একযোজ্যতা বন্ধনীর সৃষ্টি হয়।

(1) **জারণ :** (i) ইথিলিন দহন সহায়ক নয়, কিন্তু ইথিলিন বায়ু বা অক্সিজেনের সঙ্গে বিস্ফোরক মিশ্র উৎপন্ন করে—মিশ্রণে আগুন ধরিয়ে দিলে বিস্ফোরণ ঘটে। ইথিলিন বায়ুতে দীপ্ত ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে :

$$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$$

ইথিলিনের অসম্পৃক্ততার ফলে অনুরূপ কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকেন, ইথেনের থেকে, এর মধ্যে কার্বনের শতকরা ভাগ বেশী এবং শিখাতে তপ্ত কার্বনের কণা এই অতিরিক্ত দীপ্ততা দান করে।

(ii) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লঘু দ্রবণ শীতল অবস্থায় ইথিলিনকে ইথিলিন গ্লাইকলে জারিত করে দেয়, পারম্যাঙ্গানেটও তৎসহ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়ে যায়, ফলে গোলাপী বর্ণ (Purple) বর্ণহীন হয়ে যায় :

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} + H_2O + [O] \rightarrow \underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল}}{\underset{\quad OH \qquad OH}{CH_2 - CH_2}}$$

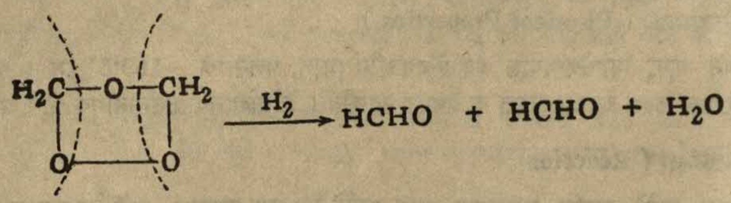
$$(3H_2C = CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3\underset{\quad OH \qquad OH}{CH_2 - CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH)$$

যেহেতু এই বিক্রিয়ায় প্রত্যক্ষ বর্ণপরিবর্তন ঘটছে, এই বিক্রিয়া অসম্পৃক্ততার পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত হয় এবং এই পরীক্ষার দ্বারা সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের মধ্যে পার্থক্য করা যায়। এই পরীক্ষা অসম্পৃক্তির বায়ার-পরীক্ষা (Baeyer's test) নামে পরিচিত। সাধারণত $KMnO_4$-এর লঘু ক্ষারীয় দ্রবণ (1%) এই পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়।

(iii) **ওজোন-বিশ্লেষ :** ইথিলিন ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দুঃস্থিত যুত-যৌগ ইথিলিন ওজোনাইড গঠন করে :

$$H_2C = CH_2 + O_3 \rightarrow \underset{\text{ইথিলিন ওজোনাইড}}{\underset{O \text{———} O}{H_2C - O - CH_2}}$$

ইথিলিন ওজোনাইডকে রানী নিকেল (Raney nickel) অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করলে-ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ঃ



জিংক-রজ-জল, Zn/CH_3COOH ইত্যাদি দ্বারাও ইথিলিন ওজোনাইড বিযোজিত হয়ে যায় এবং ফরম্যালডিহাইড ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন করে—উৎপন্ন H_2O_2 কিছুটা ফরম্যালডিহাইডকে ফরমিক অ্যাসিডে জারিত করে দেয় ঃ

$$\begin{array}{c} H_2C-O-CH_2 \\ | \qquad\quad | \\ O\text{———}O \end{array} + H_2O \rightarrow HCHO + HCHO + H_2O_2$$

$$HCHO + H_2O_2 \rightarrow HCOOH + H_2O$$

(iv) রূপার পাতের উপস্থিতিতে 250°সে. উষ্ণতায় ইথিলিন বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা ইথিলিন অক্সাইডে জারিত হয়ে যায় (ইথিলিন অক্সাইড প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতি) ঃ

$$2H_2C = CH_2 + O_2 \xrightarrow[250^\circ]{Ag} 2H_2\overset{\overset{O}{\diagup\;\diagdown}}{C-CH_2}$$

ইথিলিন অক্সাইড

(2) **যুত-বিক্রিয়া (Addition Reaction)** ঃ (i) হাইড্রোজেন সংযুক্তি (বিজারণ) ঃ অনুঘটকের উপস্থিতিতে এবং চাপের প্রভাবে ইথিলিন হাইড্রোজেন গ্রহণ করে এবং তাপ উদ্গীরণসহ ইথেনে পরিণত হয়। বিভিন্ন অনুঘটকের জন্য বিক্রিয়ার বিভিন্ন শর্ত প্রয়োজন হয়—**Pt** বা **Pd**-এর সূক্ষ্ম কণা সাধারণ উষ্ণতায় এই বিক্রিয়া ঘটায়, নিকেল অনুঘটক 200°—300° উষ্ণতায় এবং রানী নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে সাধারণ উষ্ণতায় ও সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে এই বিক্রিয়া ঘটে।

$$H_2C = CH_2 + H_2 \xrightarrow[Ni]{Pt,\ Pd\ \text{বা}} H_3C - CH_3 + 31{\cdot}6\ \text{কিলোক্যালোরি}$$

প্রতি অণু ইথিলিন এক অণু হাইড্রোজেন গ্রহণ করে। প্রকৃতপক্ষে কোন অসম্পৃক্ত যৌগে উপস্থিত প্রতি ইথিলিনীয় দ্বি-বন্ধের জন্য এক অণু হাইড্রোজেন শোষিত হয়।

(ii) **হ্যালোজেন সংযুক্তি** ঃ ইথিলিন ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুতে হ্যালোজেন পরমাণু যুক্ত সম্পৃক্ত যৌগে পরিণত হয় ঃ

$$H_2C = CH_2 + X_2 = \begin{array}{c} H_2C-CH_2 \\ |\quad\;\; | \\ X\quad\; X \end{array} \qquad [\,X = Cl,\ Br\ \text{বা}\ I\,]$$

ইথিলিন ডাইহ্যালাইড
বা, 1, 2-ডাইহ্যালোইথেন

এই যুত বিক্রিয়া ক্লোরিনের সঙ্গে সব থেকে দ্রুততার সঙ্গে এবং আয়োডিনের সঙ্গে সব থেকে ধীরে ঘটে। সাধারণত কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডে হ্যালোজেন ও ইথিলিন দ্রবীভূত করে দ্রবণ দুটি মিশিয়ে বিক্রিয়াটি সংঘটিত করা হয়।

ব্রোমিনের কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড দ্রবণের বর্ণ লালাভ বাদামী এবং ইথিলিন ও ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড বর্ণহীন। সুতরাং, ব্রোমিনের কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে ইথিলিনের বিক্রিয়ায় ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড (তরল, স্ফুটনাঙ্ক 131° সে.) উৎপন্ন হয় এবং লালাভ বাদামী বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায় ঃ

$$H_2C = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} \underset{Br}{CH_2}-\underset{Br}{CH_2}$$

ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড বা, 1, 2-ডাইব্রোমোইথেন

> ইথিলিনের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় চাক্ষুষ পরিবর্তন ঘটছে, সুতরাং এই বিক্রিয়া ইথিলিনে দ্বি-বন্ধের উপস্থিতি নির্ণায়ক পরীক্ষা (পরীক্ষা-নল পরীক্ষা—test tube test) রূপে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে এই পরীক্ষা কোন জৈব যৌগে ইথিলিনীয় দ্বি-বন্ধের উপস্থিতি নির্ণায়ক পরীক্ষারূপে ব্যবহৃত হয়। যদি ব্রোমিনের কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে কোন জৈব যৌগের বিক্রিয়ায় ব্রোমিনের লালাভ বাদামী বর্ণ দ্রুত বর্ণহীন হয়ে যায় এবং কোন HBr নির্গত না হয় (প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায়ও ব্রোমিন বর্ণহীন হয় ; কিন্তু এক্ষেত্রে HBr নির্গত হয়—পরীক্ষা-নলের মুখে ফুঁ দিলে ধোঁয়ার সৃষ্টি HBr-এর উপস্থিতি সূচক), তবে যৌগে দ্বি-বন্ধের উপস্থিতি সূচিত হয়।

ইথিলিনের সঙ্গে দ্বিগুণ আয়তন ক্লোরিন মিশিয়ে মিশ্রণে আগুন ধরিয়ে দিলে ইথিলিন লাল শিখায় জ্বলে এবং ভুসার আকারে কার্বন সহ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_2H_4 + 2Cl_2 = 2C + 4HCl$$

অপরপক্ষে 350°—450°সে. উষ্ণতায় ক্লোরিনের সঙ্গে ইথিলিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ভিনাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$H_2C = CH_2 + Cl_2 = H_2C = CHCl + HCl$$

ভিনাইল ক্লোরাইড

এই বিক্রিয়াটি ইথিলিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার উদাহরণ।

ফ্লুওরিন অত্যন্ত ক্রিয়াশীল বলে যুত-বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না—ইথিলিন অণু সম্পূর্ণভাবে কার্বন ও হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডে বিযোজিত হয়ে যায় ঃ

$$C_2H_4 + 2F_2 = 2C + 4HF$$

(iii) হাইড্রোজেন হ্যালাইড সংযুক্তি ঃ ইথিলিন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গে যুত-বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} + HCl = \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3CH_2Cl}$$

অনুরূপভাবে ইথিলিন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সঙ্গে যুত-যৌগ ইথাইল ব্রোমাইড ও ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, অ্যালকিনের সঙ্গে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের যুত-বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়াশীলতার ক্রম হল ঃ HCl>HBr>HI

$$H_2C = CH_2 + HX \rightarrow \underset{H}{H_2C}-\underset{X}{CH_2} \text{ (বা } CH_3CH_2X \text{)}$$

(HX = HCl, HBr, বা HI)

(iv) **হ্যালোহাইড্রিন গঠন :** পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুতে হ্যালোজেন ও OH যুক্ত যৌগকে হ্যালোহাইড্রিন বলে। যথা,

$$\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}$$

ইথিলিন হ্যালোহাইড্রিন
বা, 2-হ্যালোইথানল।

ইথিলিন ক্লোরিন-জল বা ব্রোমিন-জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন বা ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন উৎপন্ন করে :

$$H_2C=CH_2+Cl_2+H_2O \rightarrow \underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{H_2C}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}+HCl$$

ইথিলিন ক্লোরোহাইড্রিন
বা, 2-ক্লোরোইথানল
(একটি বর্ণহীন তরল)

$$H_2C=CH_2+Br_2+H_2O \rightarrow \underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{H_2C}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}+HBr$$

ইথিলিন ব্রোমোহাইড্রিন
বা, 2-ব্রোমোইথানল

এই বিক্রিয়া সাধারণত নিম্নরূপে লেখা হয় :

$$X_2+H_2O=HX+HOX \text{ (হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড)}$$
$$(X_2 = Cl_2 \text{ বা } Br_2)$$
$$H_2C=CH_2+HOX=\underset{\displaystyle X}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}}$$

এই বিক্রিয়া হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড সংযুক্তি বিক্রিয়া রূপেও পরিচিত।

(v) **সালফিউরিক অ্যাসিড সংযুক্তি :** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথিলিন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে :

$$H_2C=CH_2+H-O-\overset{\displaystyle O}{\overset{\uparrow}{\underset{\displaystyle O}{\underset{\downarrow}{S}}}}-O-H \rightarrow H_3C-CH_2-O-\overset{\displaystyle O}{\overset{\uparrow}{\underset{\displaystyle O}{\underset{\downarrow}{S}}}}-O-H$$

$(CH_3CH_2OSO_3H)$
ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট

98% H_2SO_4-এর মধ্যে ইথিলিন প্রবাহিত করলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয় এবং ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট H_2SO_4-এ দ্রবণীয় বলে স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেটের H_2SO_4 দ্রবণ জল দ্বারা লঘু করে (H_2SO_4-এর শক্তি প্রায় 50% করা হয়) উত্তপ্ত করলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায় এবং ইথাইল অ্যালকোহল ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2OSO_3H}+H_2O \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH}+H_2SO_4$$

এই বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণে ইথারও উৎপন্ন হয়।

এইভাবে অ্যালকিন থেকে অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। পেট্রোলিয়াম ক্র্যাকিং-এর দ্বারা অ্যালকিন পাওয়া যায়, তাই এই পদ্ধতি অ্যালকোহলের বৃহদায়তন উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। তবে

এই পদ্ধতির থেকে প্রত্যক্ষ জল-যোজন পদ্ধতি আজকাল বেশী ব্যবহৃত হচ্ছে (নীচে জল-যোজন দেখ।)

> যেহেতু অ্যালকিন গাঢ় H_2SO_4-এ শোষিত হয়ে যায়, সুতরাং যে সব যৌগ H_2SO_4-এ দ্রবীভূত হয় না তাদের সঙ্গে বিজাতীয় পদার্থ হিসাবে অ্যালকিন উপস্থিত থাকলে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা ধৌত করে সেই সব পদার্থকে অ্যালকিন মুক্ত করে বিশুদ্ধ করা যায়। যেমন, অ্যালকিন যুক্ত অ্যালকেন বা অ্যালকিল হ্যালাইড (উভয়েই H_2SO_4-এ অদ্রাব্য) থেকে এইভাবে অ্যালকিন মুক্ত করা যায়।

[**প্রশ্ন : 3.33** ইথেনের সঙ্গে বিজাতীয় পদার্থ হিসাবে ইথিলিন মিশ্রিত আছে। কিভাবে ইথিলিন দূর করা যায়?

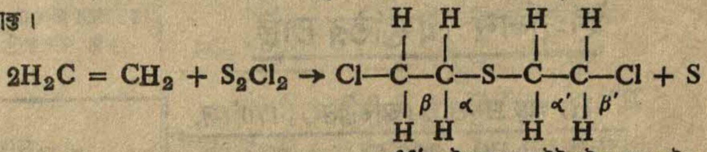
উত্তর : গ্যাস মিশ্রণকে পরপর রক্ষিত গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ কয়েকটি গ্যাসধাবকের মধ্য দিয়ে চালনা করলে ইথিলিন শোষিত হয় এবং ইথেন বার হয়ে আসে। ইথেনকে জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যায়।]

(vi) **জল-যোজন :** স্টীম এবং ইথিলিনের মিশ্রণ 65 বায়ুমণ্ডলের চাপে 300°সে. উষ্ণতায় টাংস্টেন অক্সাইড বা সিলিকায় রক্ষিত ফসফরিক অ্যাসিডের উপর দিয়ে চালনা করলে ইথিলিনে এক অণু জল যোজিত হয় এবং ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় :

$$H_2C = CH_2 + H_2O = CH_3CH_2OH$$

অনুঘটক রূপে লঘু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনে জল-যোজন ঘটে এবং অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

(3) ইথিলিন ও সালফার মনোক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ফোসকা উৎপাদনকারী বিষাক্ত 'মাস্টার্ড গ্যাস' ('mustard gas') উৎপন্ন হয়। প্রথম মহাযুদ্ধে এই গ্যাস ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে এটি তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক 217°সে.), কিন্তু অত্যল্প পরিমাণে বায়ুতে এর বাষ্পের উপস্থিতি খুবই বিষাক্ত।



ββ'-ডাইক্লোরো ডাইইথাইল সালফাইড

(4) **বহুযৌগিকতা :** উচ্চ চাপে ইথিলিনকে অক্সিজেন বা পারক্সাইডের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে অনেকগুলি ইথিলিন অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে যুত-বহুযৌগিক সাদা রং-এর উচ্চ আণবিক ওজন সম্পন্ন (প্রায় 20,000) কঠিন পদার্থ পলিথিলিন বা পলিথিন উৎপন্ন করে। পলিথিন একটি অতি বৃহৎ শৃংখলযুক্ত অ্যালকেন।

এই যৌগটি অনেকগুলি ইথিলিন একক নিয়ে গঠিত বলে পলিথিলিন নামে পরিচিত (Poly = বহু)।

$$nH_2C = CH_2 \xrightarrow[\text{অক্সিজেন এবং/বা পারঅক্সাইড}]{\text{2000 অ্যাটমস., 200°সে.}} \sim CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2 \sim$$

বা $(—CH_2.\,CH_2—)n$

পলিথিন অ্যাসিড, ক্ষার ও বেশীর ভাগ জৈব দ্রাবক দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

3B.10 ব্যবহার

(1) ইথিলিন কাঁচা ফল কৃত্রিম উপায়ে পাকাতে ব্যবহৃত হয়। কাঁচা ফল ইথিলিন গ্যাসের সংস্পর্শে কয়েকদিন রাখলে পেকে যায়। (2) ইথিলিন চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহার করা যায়। (3) মাস্টার্ড গ্যাস এবং বিভিন্ন প্ল্যাস্টিক যেমন পলিথিন, পলিস্টাইরিন উৎপাদনে এবং বিভিন্ন দ্রাবক যেমন গ্লাইকল, ডাই-অক্সান ইত্যাদি প্রস্তুতিতেও ইথিলিন ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : 3.34 ইথিলিনে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করবে ?

3.35 কিভাবে প্রস্তুত করবে : (i) ইথিলিন থেকে ইথানল, (ii) ইথানল থেকে ইথিলিন।

3.36 অ্যালকিন থেকে অ্যালকেন প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

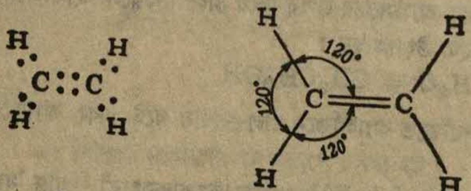
3.37 সাধারণ অবস্থায় ইথিলিনের ভৌতাবস্থা কিরূপ ? ইথিলিনের সঙ্গে (i) Br_2/CCl_4, (ii) Br_2/H_2O, (iii) ক্ষারীয় $KMnO_4$, (iv) O_3, (v) HBr-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

3B.11 পরিচায়ক পরীক্ষা

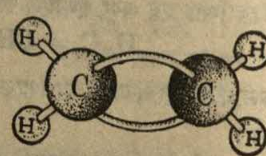
ইথিলিন (i) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শোষিত হয় ; (ii) ব্রোমিন ও ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে এবং (iii) অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া করে না (অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে পার্থক্য)।

3B.12 ইথিলিনের গঠন

ইথিলিন একটি সমতলীয় অণু—দুটি কার্বন পরমাণু ও চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু একই তলে অবস্থান করে (চিত্র 3.5 ও 3.6) [পৃষ্ঠা 11 দ্রষ্টব্য]।

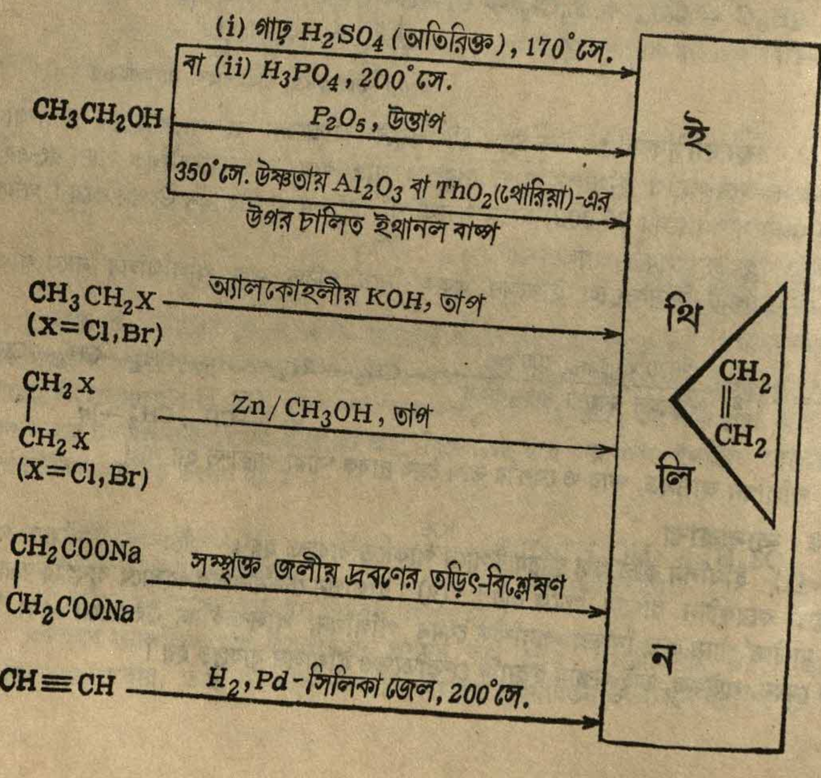


চিত্র 3B.2 : ইথিলিন : ইলেকট্রনীয় গঠন ও জ্যামিতিক আকৃতি।

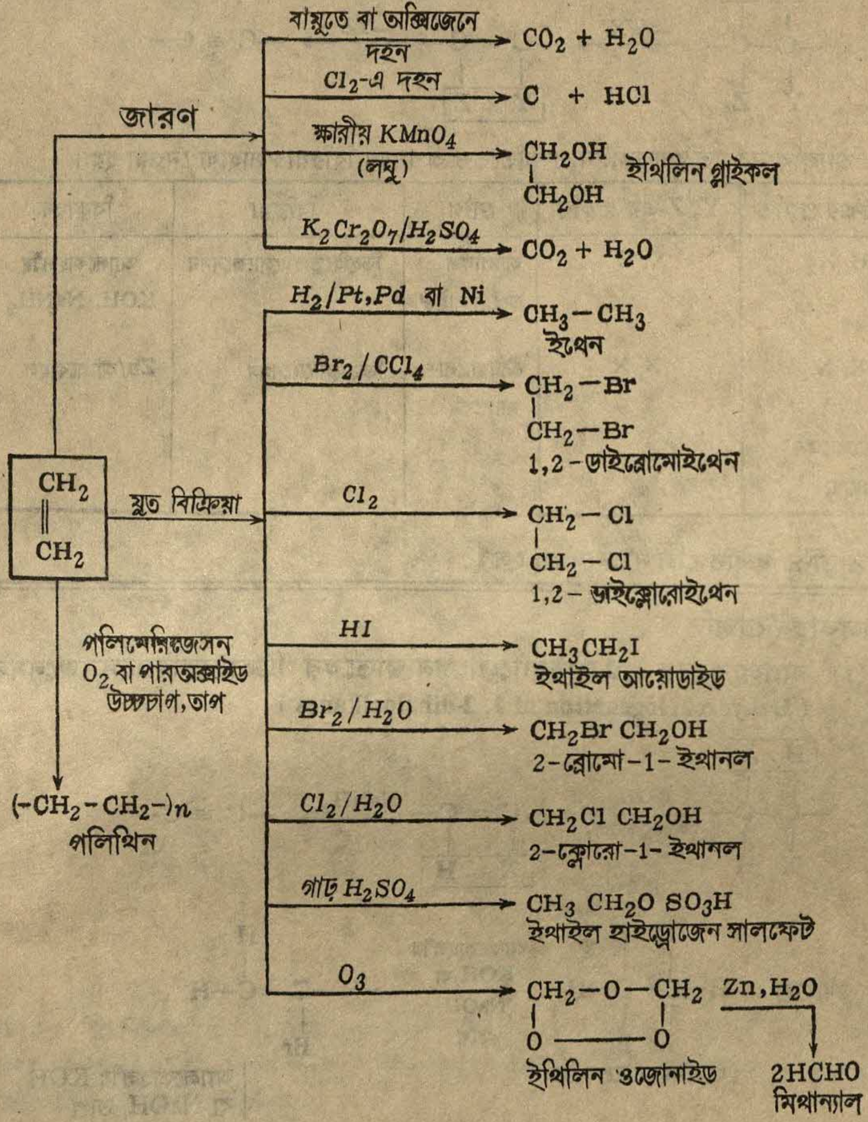


চিত্র 3B.3 : ইথিলিন : সমতলীয় (মডেল)। H—C—C বন্ধনী কোণ হল 120°।

ইথিলিন প্রস্তুতির চার্ট



ইথিলিনের বিক্রিয়া



অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন : অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিনসমূহ

(Unsaturated Hydrocarbons : Alkynes or Acetylenes)

3B.13 সূচনা

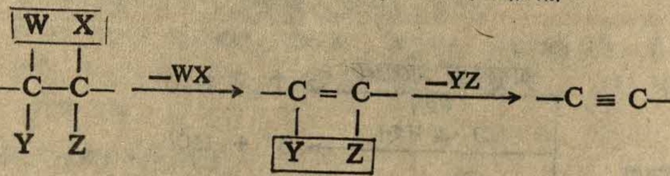
অ্যালকাইনের অণুর গঠনে একটি $C \equiv C$ বা কার্বন–কার্বন ত্রিবন্ধনী উপস্থিত থাকে। এরা হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে প্রথমে অ্যালকিন এবং পরে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে।

3B.14 সাধারণ সঙ্কেত : C_nH_{2n-2}

3B.15 নামকরণ (পৃষ্ঠা 53-54 দ্রষ্টব্য)

3B.16 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি

অ্যালকাইন প্রস্তুতির সাধারণ পন্থতি নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় ঃ



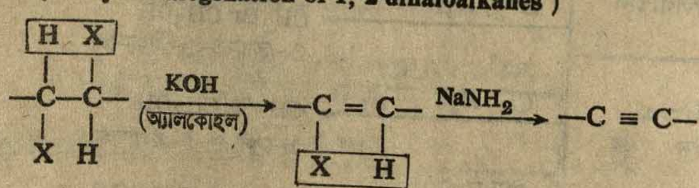
অ্যালকিনের মত অ্যালকাইন প্রস্তুতিতেও অপনয়ন বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়।

W, X-এর প্রকৃতি	Y, Z-এর প্রকৃতি	যৌগ	বিক্রিয়া	বিকারক
H, X	X, H	অ্যালকিল ডাইহ্যালাইড	ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন	অ্যালকোহলীয় KOH, $NaNH_2$
X, X	X, X	টেট্রাহ্যালো-অ্যালকেন	ডিহ্যালোজেনেসন	Zn/অ্যালকোহল
X = হ্যালোজেন পরমাণু				

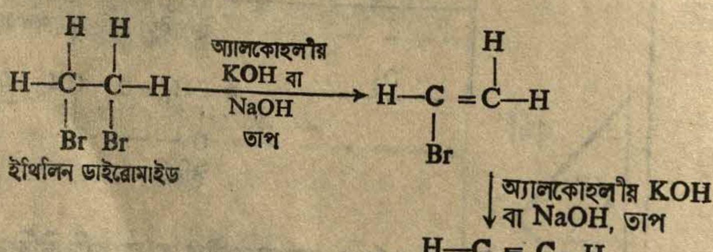
প্রস্তুতির পন্থতিগুলি নীচে দেওয়া হল ঃ

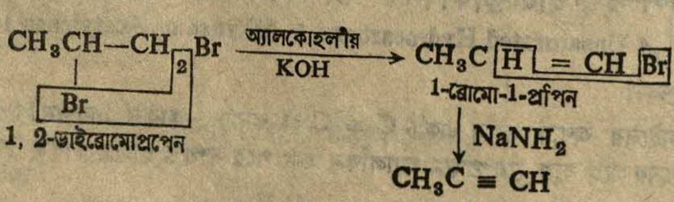
● অ্যালকাইন প্রস্তুতি

(1) অ্যালকেনের 1, 2-ডাইহ্যালোজেন জাতকের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন **(Dehydrohalogenation of 1, 2-dihaloalkanes)**

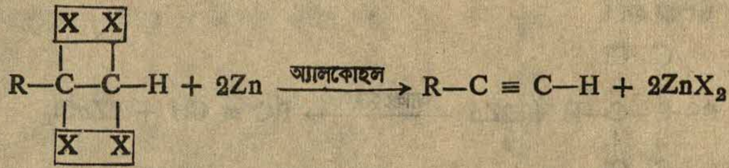


উদাহরণ ঃ

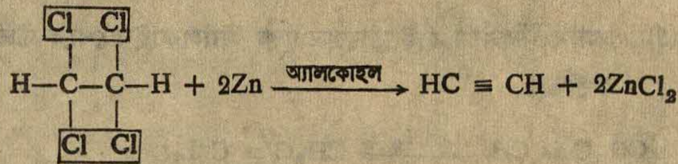




(2) টেট্রাহ্যালোঅ্যালকেনের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন (**Dehydrohalogenation of tetrahaloalkane**)



উদাহরণ :



(3) $-C \equiv CH \xrightarrow{LiNH_2} -C \equiv C^{-}Li^{+}$

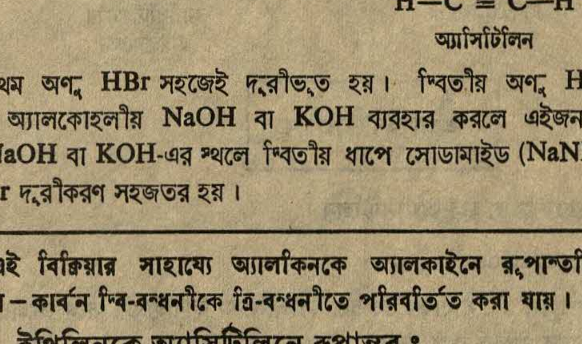
$\downarrow$ RX [প্রাইমারী অ্যালকিল হ্যালাইড]

$-C \equiv C-R + LiX$

---

(1) 1, 2-ডাইহ্যালোঅ্যালকেনের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন :

অ্যালকোহলীয় NaOH বা KOH দ্রবণ দ্বারা উত্তপ্ত করে 1, 2-ডাইহ্যালোঅ্যালকেনের ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যালকাইন প্রস্তুত করা যায় :



প্রথম অণু HBr সহজেই দূরীভূত হয়। দ্বিতীয় অণু HBr দূরীকরণ অপেক্ষাকৃত দুরূহ। অ্যালকোহলীয় NaOH বা KOH ব্যবহার করলে এইজন্য উচ্চতর উষ্ণতার প্রয়োজন হয়। NaOH বা KOH-এর স্থলে দ্বিতীয় ধাপে সোডামাইড ($NaNH_2$) ব্যবহার করলে দ্বিতীয় অণু HBr দূরীকরণ সহজতর হয়।

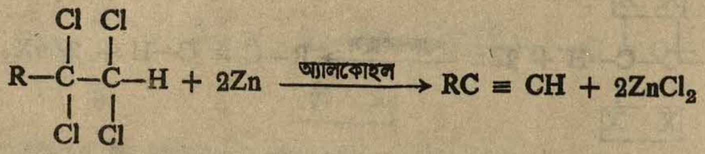
এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালকিনকে অ্যালকাইনে রূপান্তরিত করা যায়—অর্থাৎ কার্বন–কার্বন দ্বি-বন্ধনীকে ত্রি-বন্ধনীতে পরিবর্তিত করা যায়।

ইথিলিনকে অ্যাসিটিলিনে রূপান্তর :

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{1, 2-ডাইব্রোমোইথেন}}{H_2CBrCH_2Br} \xrightarrow[\text{KOH, উত্তাপ}]{\text{অ্যালকোহলীয়}} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{HC \equiv CH}$$

(2) টেট্রাহ্যালোঅ্যালকেনের ডিহ্যালোজেনেসন ঃ

সাধারণত টেট্রাহ্যালোঅ্যালকেনের অ্যালকোহলীয় দ্রবণকে জিঙ্ক-চূর্ণসহ উত্তপ্ত করলে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয় ঃ



(3) অ্যাসিটিলিনীয় হাইড্রোজেন যুক্ত অ্যালকাইন থেকে উচ্চতর অ্যালকাইন প্রস্তুতি ঃ

$$CH_3C \equiv CH \xrightarrow{LiNH_2} CH_3C \equiv C^-Li^+$$

$$\downarrow CH_3I$$

$$CH_3C \equiv CCH_3 + LiI$$

প্রশ্ন ঃ 3.38 (i) অ্যালকোহলের সাধারণ প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ দাও।

(ii) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনীকে কিভাবে ত্রিবন্ধনীতে রূপান্তরিত করবে ?

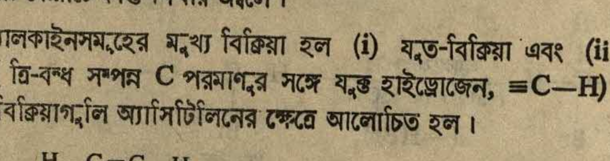
3B.17 সাধারণ ধর্ম ও বিক্রিয়া (General Properties and Reactions)

(1) ইথাইন, প্রপাইন ও বিউট-1-আইন সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসীয় পদার্থ, বিউট-2-আইন ও উচ্চতর অ্যালকাইনসমূহ তরল পদার্থ।

(2) অ্যালকাইনসমূহ অ্যালকোহল ও অন্যান্য জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য।

(3) এরা ধোঁয়াটে দীপ্ত শিখায় জ্বলে।

(4) অ্যালকাইনসমূহের মুখ্য বিক্রিয়া হল (i) যুত-বিক্রিয়া এবং (ii) অ্যাসিটিলিনীয় হাইড্রোজেনের (ত্রি-বন্ধ সম্পন্ন C পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন, ≡C—H) আম্লিকতা জনিত বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়াগুলি অ্যাসিটিলিনের ক্ষেত্রে আলোচিত হল।



অ্যাসিটিলিন

অ্যালকাইন শ্রেণীর প্রথম যৌগ হল অ্যাসিটিলিন।

3B.18 প্রস্তুতি (Preparation)

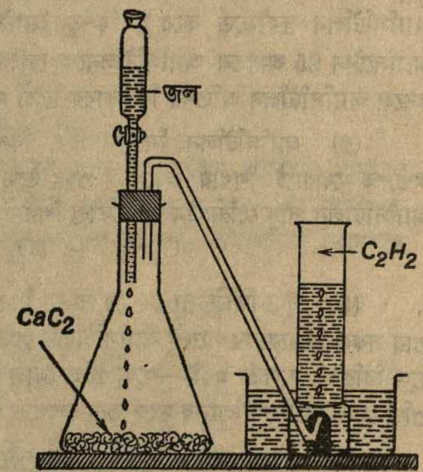
1) পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

একটি শঙ্কু-কূপীর তলদেশ বালি দিয়ে আবৃত করে তার উপর ক্যালসিয়াম কার্বাইডের কয়েকটি ছোট ছোট ডেলা রাখা হল। শঙ্কু-কূপীর মুখে কর্কের সাহায্যে একটি জলপূর্ণ বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল লাগানো হল। নির্গম নলের শেষপ্রান্ত একটি পাত্রের জলের

ভিতর ডুবিয়ে রাখা হল এবং তার উপর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করে রাখা হল। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ধীরে ধীরে ক্যালসিয়াম কার্বাইডের উপর জল যোগ করা হল। সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া শুরু হল এবং অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হল। উৎপন্ন অ্যাসিটিলিন গ্যাস জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হল (চিত্র 3B.4)।

এই উপায়ে উৎপন্ন অ্যাসিটিলিন বিশুদ্ধ নয়। এর সঙ্গে খুব অল্প পরিমাণে ফসফিন (কার্বাইড থেকে উৎপন্ন অ্যাসিটিলিনের দুর্গন্ধের জন্য দায়ী), আরসিন (AsH_3), H_2S, NH_3 ইত্যাদি মিশে থাকে। প্রথমে অম্লায়িত সোডিয়াম ডাইক্রোমেট (ফসফিন ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়) এবং পরে অম্লায়িত কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়ে চালনা করে অ্যাসিটিলিন থেকে এই বিজাতীয় পদার্থগুলি দূর করা যায়।



চিত্র 3B.4 ঃ অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতি।

[এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যাসিটিলিন শিল্প পদ্ধতিতেও প্রস্তুত করা হয়। কোক (কয়লা থেকে পাওয়া যায়) এবং চুনের (চুনাপাথর থেকে পাওয়া যায়) মিশ্রণ বদ্ধ বিদ্যুৎচুল্লীতে 2500°—3000°সে.-এ উত্তপ্ত করে ক্যালসিয়াম কার্বাইড উৎপন্ন করা হয়। এইভাবে অ্যাসিটিলিন সস্তা ও সহজপ্রাপ্য কাঁচামাল জল, কয়লা ও চুনাপাথর থেকে উৎপাদন করা হয়।

$$\left.\begin{array}{l}\text{কয়লা} \rightarrow \text{কোক} \\ \text{চুনাপাথর} \rightarrow CaO\end{array}\right\} \xrightarrow[3000^\circ]{2500^\circ} CaC_2 \xrightarrow{H_2O} H{-}C{\equiv}C{-}H$$

$$(CaO + 3C \longrightarrow CaC_2 + CO)\ ]$$

অধুনা 1500°সে. উষ্ণতায় মিথেনের তাপ বিযোজনের (**Pyrolysis**) দ্বারা অ্যাসিটিলিনের উৎপাদনের পদ্ধতি বেশী বেশী করে ব্যবহৃত হচ্ছে (পৃঃ 96, বিক্রিয়া (7) দ্রষ্টব্য)।

(2) ফুটন্ত অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করে ইথিলিন ডাইব্রোমাইড যোগ করে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$CH_2Br.CH_2Br + 2KOH \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}} HC \equiv CH + 2KBr + 2H_2O$$

অনুরূপভাবে, ইথিলিডিন ডাইক্লোরাইড থেকেও অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{ইথিলিডিন ডাই-ক্লোরাইড}}{CH_3CHCl_2} \xrightarrow[\text{(অ্যালকোহলীয়) } -HCl]{KOH} \underset{\text{ভিনাইল ক্লোরাইড}}{CH_2 = CHCl} \xrightarrow[-HCl]{\text{KOH (অ্যালক)}} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{HC \equiv CH}$$

(3) আয়োডোফর্ম (বা কোন হ্যালোফর্মকে) সিলভার গুঁড়া সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$2CHI_3 + 6Ag = HC \equiv CH + 6AgI$$

(4) কার্বনদণ্ডের মধ্যে হাইড্রোজেন পরিমণ্ডলে তড়িৎ-আর্ক সৃষ্টি করে মৌল কার্বন ও হাইড্রোজেন থেকে অ্যাসিটিলিন সংশ্লেষিত হয় ঃ $2C + H_2 = C_2H_2$

প্রশ্ন ঃ 3.39 অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ দাও।

3.40 একটি কার্বন পরমাণু যুক্ত যৌগ থেকে কিভাবে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায় ?

3B.19 ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reaction)

(1) অ্যাসিটিলিন বিশুদ্ধ অবস্থায় ইথারের মত গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন একটি গ্যাসীয় পদার্থ, স্ফুটনাঙ্ক -84°সে.। অ্যাসিটিলিন জলে সামান্য দ্রাব্য (18° সে.-এ 1 আয়তন জল 1 আয়তন অ্যাসিটিলিন দ্রবীভূত করে), কিন্তু অ্যাসিটোনে অতিশয় দ্রবণীয় (সাধারণ চাপে 1 আয়তন অ্যাসিটোন 25 আয়তন অ্যাসিটিলিনকে দ্রবীভূত করে)। চাপ প্রয়োগ করলে বা তরলে পরিণত করলে অ্যাসিটিলিন অতিশয় বিস্ফোরক দ্রব্যে পরিণত হয়।

(2) অ্যাসিটিলিন নিজে দাহ্য, কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে না। অ্যাসিটিলিন অত্যন্ত ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে (প্রচুর ভুসা উৎপন্ন হয়) কিন্তু উপযুক্ত পরিমাণ বায়ুর সান্নিধ্যে অ্যাসিটিলিন প্রায় ধোঁয়াহীন অতি দীপ্ত শিখায় জ্বলে ঃ

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$

(3) **যুত-বিক্রিয়া ঃ** যে সমস্ত বিকারকের সঙ্গে ইথিলিন যুত-যৌগ গঠন করে সে সমস্ত প্রায় সকল বিকারকের সঙ্গেই অ্যাসিটিলিন যুত-যৌগ গঠন করে। অ্যাসিটিলিন এবং ইথিলিনের যুত-বিক্রিয়া মূলতঃ একই—শুধু প্রতি মোল ইথিলিনের সঙ্গে যে পরিমাণ বিকারক যুক্ত হতে পারে প্রতি মোল অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে তার দ্বিগুণ পরিমাণ বিকারক যুক্ত হতে পারে।

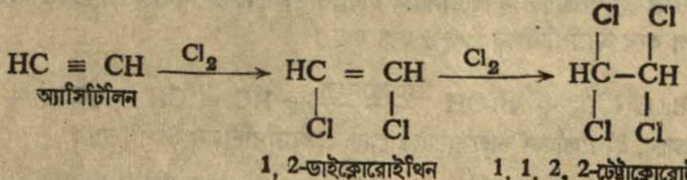
(i) **হাইড্রোজেন সংযুক্তি ঃ** অনুঘটকের (Pt, Pd বা Ni) উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন হাইড্রোজেন গ্রহণ করে প্রথমে ইথিলিনে এবং তারপর ইথেনে পরিণত হয় ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{HC \equiv CH} \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{H_2} \underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{H_2} \underset{\text{ইথেন}}{H_3C{-}CH_3}$$

(একটি ত্রি-বন্ধের জন্য দুই অণু হাইড্রোজেন যুক্ত হয়)।

লেড অ্যাসিটেট দ্বারা অংশতঃ কার্যহীন করা Pd$-$CaCO$_3$ অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় ইথিলিন পাওয়া সম্ভব।

(ii) **হ্যালোজেন সংযুক্তি ঃ** একটি ত্রি-বন্ধের জন্য 2 অণু হ্যালোজেন সংযুক্ত হতে পারে। অন্ধকারে অ্যাসিটিলিন গ্যাসীয় ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরিন গ্রহণ করে অ্যাসিটিলিন ডাই-ক্লোরাইড ও টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে ঃ



ক্লোরিনের সঙ্গে অ্যাসিটিলিনের প্রত্যক্ষ সংযোগে বিস্ফোরণ ঘটতে পারে ঃ

$$CH \equiv CH + Cl_2 \rightarrow 2C + 2HCl$$

বিস্ফোরণ রোধ করার জন্য সাধারণত কাইজেলগুড় (Keiselguhr) ও লোহার গুঁড়ো দিয়ে পূর্ণ রেটর্টে অ্যাসিটিলিন ও ক্লোরিন মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয় যাতে বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপ শোষিত হতে পারে। বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ উৎপন্ন হয় (উপরে দেখ)।

লঘু ব্রোমিন-জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে অ্যাসিটিলিন ডাইব্রোমাইড ঃ



অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে গ্যাসীয় ব্রোমিন বা দ্রাবকের অনুপস্থিতিতে তরল ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন টেট্রাব্রোমাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$\begin{array}{cccccccc} & & & & Br & & Br & \\ & & & & | & & | & \\ H-C\equiv C-H & + & 2Br_2 & \rightarrow H- & C & - & C & -H \\ & & & & | & & | & \\ & & & & Br & & Br & \end{array}$$

অ্যাসিটিলিন টেট্রাব্রোমাইড

(iii) **হ্যালোজেন অ্যাসিড (HX) ঃ** অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে হ্যালোজেন অ্যাসিড সমূহের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন হ্যালোজেন অ্যাসিড সমূহের সঙ্গে সংযুক্ত হতে পারে। যেমন, অ্যাসিটিলিন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড সংযুক্ত করে প্রথমে ভিনাইল ব্রোমাইড ও তারপর ইথিলিডিন ব্রোমাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$\begin{array}{cccccccccc} & & & & & & & H & & Br & \\ & & & & & & & | & & | & \\ HC\equiv CH + HBr & \rightarrow H- & C & = & CH & \xrightarrow{HBr} & H- & C & - & C & -H \\ & & | & & | & & & | & & | & \\ & & H & & Br & & & H & & Br & \end{array}$$

ভিনাইল ব্রোমাইড ইথিলিডিন ব্রোমাইড

(হ্যালোজেন কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়—মারকনিকফের নিয়মানুযায়ী)

$$\left[H-C\equiv C-H + HX \rightarrow \underset{\text{ভিনাইল হ্যালাইড}}{CH_2 = CHX} \xrightarrow{HX} \underset{\text{ইথিলিডিন হ্যালাইড}}{CH_3CHX_2}\right]$$

(iv) **জল-যোজন ঃ** 1% মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে 60° —80° সে. উষ্ণতায় 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে অ্যাসিটিলিন 1 অণু জল সংযোজন করে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়। Hg^{2+} এবং H_2SO_4 অনুঘটক রূপে কাজ করে। সম্ভবত এই বিক্রিয়ায় প্রথমে ভিনাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$HC\equiv CH + H_2O \xrightarrow[Hg^{2+}]{H_2SO_4} \underset{\text{ভিনাইল অ্যালকোহল}}{[H_2C = CHOH]} \rightarrow CH_3CHO$$

(তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে ভিনাইল অ্যালকোহলের সংকেত লিখে সম্ভাব্য মাধ্যমিক পদার্থরূপে এর উৎপত্তি বোঝানো হয়েছে)।

উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইডের জারণের দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিড (জারক দ্রব্য—ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে বায়ু) এবং অনুঘটক জনিত বিজারণের দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। এইভাবে অ্যাসিটিলিন থেকে দুটি প্রয়োজনীয় পদার্থ অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH} \xleftarrow{\text{বিজারণ}} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow{\text{জারণ}} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

(v) 170° সে. উষ্ণতায় চারকোলের উপর রক্ষিত জিঙ্ক অ্যাসিটেটের (Zinc acetate on charcoal) উপর দিয়ে অ্যাসিটিলিন ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্প চালনা করলে ভিনাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয় ঃ

$$HC\equiv CH + CH_3COOH \xrightarrow[\text{অ্যাসিটেট}]{\text{জিঙ্ক}} \underset{\text{ভিনাইল অ্যাসিটেট}}{H_2C = CH-O-CO-CH_3}$$

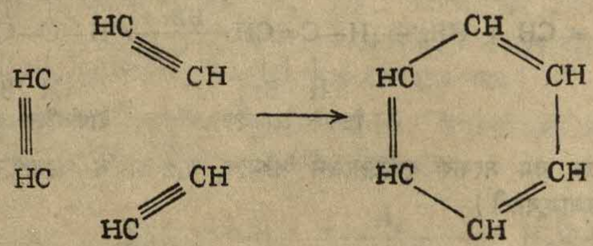
ভিনাইল অ্যাসিটেট **প্ল্যাসটিক শিল্পে** ব্যবহৃত হয়।

(vi) কার্বনের উপর বেরিয়াম সায়ানাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন হাইড্রোজেন সায়ানাইড সংযুক্ত করে ভিনাইল সায়ানাইড বা অ্যাক্রাইলোনাইট্রাইল উৎপন্ন করে :

$$H{-}C \equiv C{-}H + HCN \xrightarrow[\text{সায়ানাইড}]{\text{বেরিয়াম}} \underset{\text{ভিনাইল সায়ানাইড বা, অ্যাক্রাইলোনাইট্রাইল}}{H_2C = CH{-}CN}$$

(vii) বহুসংযোগ ক্রিয়া : দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনী যুক্ত অসম্পৃক্ত যৌগগুলির অণুগুলি নিজেরা পরস্পর সংযুক্ত হতে পারে। অ্যাসিটিলিনের অণুগুলি পরস্পর যুক্ত হয়ে মুক্ত শৃঙ্খল (linear) বা বৃত্তাকার বহু যৌগিক (polymer) উৎপন্ন করতে পারে।

(a) উত্তপ্ত (~600°) কোয়ার্জ বা লোহার নলের ভিতর দিয়ে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে অ্যাসিটিলিন অংশতঃ বেঞ্জিনে রূপান্তরিত হয়—অ্যাসিটিলিনের 3 অণুর পারস্পরিক সংযোজনে বহুযৌগিক বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



(b) কিউপ্রাস ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়ে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে ভিনাইল অ্যাসিটিলিন ও ডাইভিনাইল অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

$$2HC \equiv CH \rightarrow \underset{\text{ভিনাইল অ্যাসিটিলিন}}{H_2C = CH{-}C \equiv CH} \xrightarrow{HC \equiv CH} \underset{\text{ডাইভিনাইল অ্যাসিটিলিন}}{H_2C = CH{-}C \equiv C{-}CH = CH_2}$$

(4) অ্যাসিটিলিনের আম্লিকতা—ধাতব অ্যাসিটাইলাইড গঠন : ত্রি-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন ($\equiv$C—H) অতি মৃদু আম্লিকধর্মী হয়। অ্যাসিটিলিনে দুটি অতি মৃদু আম্লিকধর্মী হাইড্রোজেন আছে। যদিও অ্যাসিটিলিনের স্বাদ টক নয় এবং অ্যাসিটিলিন নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে না, কিন্তু অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে পারে এবং ধাতব অ্যাসিটাইলাইড গঠিত হয় :

(i) 180° সে. উষ্ণতায় গলিত সোডিয়ামের উপর দিয়ে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে মনো- এবং ডাই-সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড উভয়েই উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় :

$$2HC \equiv CH + 2Na \longrightarrow \underset{\text{মনো সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড}}{2HC \equiv C.Na} + H_2$$

$$HC \equiv CH + 2Na \longrightarrow \underset{\text{ডাইসোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড}}{NaC \equiv C.Na} + H_2$$

অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যাসিটিলিনের উপস্থিতিতে মুখ্য বিক্রিয়াজাত পদার্থ হিসাবে মনো সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড উৎপন্ন হয়।

অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে সোডামাইডের বিক্রিয়াতেও সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড উৎপন্ন হয় :

$$HC \equiv CH + NaNH_2 \rightarrow HC \equiv CNa + NH_3$$

সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দ্রুত বিযোজিত হয়ে (আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে) অ্যাসিটিলিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$HC \equiv CNa + H_2O \rightarrow HC \equiv CH + NaOH$$

এর থেকে প্রমাণিত হয় জল অ্যাসিটিলিন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী অ্যাসিড। যদি একটি যৌগ অপর যৌগের লবণ থেকে যৌগটিকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে, তবে প্রথম যৌগটি দ্বিতীয় যৌগ অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী অ্যাসিডরূপে পরিগণিত হয়। অ্যাসিড দ্বারা সোডিয়াম অ্যাসিটাইলাইড বিযোজিত হয়।

(ii) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অ্যামোনিয়াযুক্ত দ্রবণের ভিতর অ্যাসিটিলিন চালনা করলে লাল রং-এর কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইডের (Cu_2C_2) অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ

$$HC \equiv CH + Cu_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow \underset{\text{লাল অধঃক্ষেপ}}{CuC \equiv CCu\downarrow} + 2NH_4Cl$$

$$[H—C \equiv C—H + 2Cu(NH_3)_2^+ \rightarrow \underset{\text{কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইড}}{Cu—C \equiv C—Cu} + 2H_2O + 2NH_4^+ + 2NH_3]$$

অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সাহায্যে অতি অল্প পরিমাণ অ্যাসিটিলিনের উপস্থিতিও নির্ণয় করা যায়। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কপার অ্যাসিটাইলাইড থেকে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায় ঃ $CuC \equiv CCu + 2HCl = HC \equiv CH + Cu_2Cl_2$

(iii) সিলভার নাইট্রেটের অ্যামোনিয়াযুক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়ে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে সাদা রং-এর সিলভার অ্যাসিটাইলাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ

$$H—C \equiv C—H + 2AgNO_3 + 2NH_4OH \rightarrow \underset{\text{সিলভার অ্যাসিটাইলাইড (সাদা)}}{Ag—C \equiv C—Ag\downarrow} + 2NH_4NO_3 + 2H_2O$$

$$[2Ag(NH_3)_2^+ + C_2H_2 = C_2Ag_2\downarrow + 2NH_4^+ + 2NH_3]$$

অ্যাসিডের সঙ্গে সিলভার অ্যাসিটাইলাইডের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$Ag - C \equiv C - Ag + 2HNO_3 \rightarrow H - C \equiv C - H + 2AgNO_3$$

কপার ও সিলভার অ্যাসিটাইলাইড উষ্ণ পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায়ও বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে ঃ

$$Cu_2C_2 + 2KCN + 2H_2O = 2CuCN + 2KOH + C_2H_2$$

প্রশ্ন ঃ 3.41 অ্যাসিটিলিনের মুখ্য বিক্রিয়া কি ? এই বিক্রিয়ার তিনটি উদাহরণ দাও।

3.42 ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের যুত-বিক্রিয়ায় কোন পার্থক্য আছে কি ?

3.43 একটি অ্যালিফ্যাটিক যৌগ থেকে কিভাবে বেঞ্জিন পাওয়া যায় ?

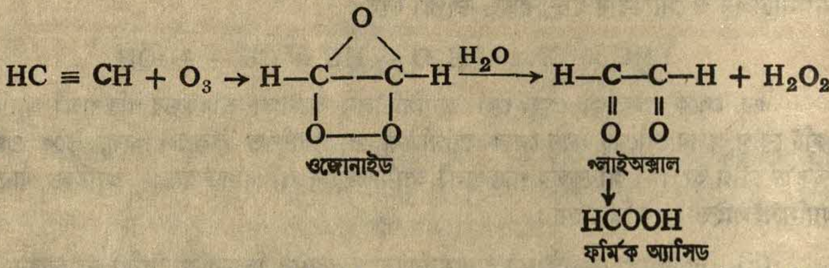
3.44 একটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও যে অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেন আম্লিকধর্মী।

(5) অ্যাসিটিলিন ও স্টীমের মিশ্রণ 220°সে. উষ্ণতায় কস্টিক সোডার ভিতর চালনা করলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ঃ

$$HC \equiv CH + H_2O + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2$$

(6) অ্যাসিটিলিন ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ ওজোনাইড গঠন করে। অ্যাসিটিলিন ওজোনাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিযোজিত হয়ে গ্লাইঅক্সাল (glyoxal) ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড

উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড গ্লাইঅক্সালকে আংশিক ভাবে ফরমিক অ্যাসিডে জারিত করে দেয়। তাই গ্লাইঅক্সাল ও ফরমিক অ্যাসিড দুটি পদার্থই উৎপন্ন হয় :



ব্যবহার : (i) অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা (3000°সে.) সৃষ্টিতে যা ধাতু বিশেষতঃ ইস্পাত জোড়া লাগাতে ও ধাতু কাটতে ব্যবহৃত হয়। উজ্জ্বল আলোক সৃষ্টিতেও অ্যাসিটিলিন ব্যবহৃত হয়। (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন উৎপাদনে ; (iii) টেট্রাক্লোরো অ্যাসিটিলিন (ওয়েসট্রন), $C_2H_2Cl_4$ ও ওয়েসট্রসল, $CCl_2 = CHCl$, প্রভৃতি অদাহ্য দ্রাবক (যারা চর্বি, তেল, রেজিনের দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়) উৎপাদনে, (iv) কৃত্রিম রবার, প্ল্যাস্টিক, কৃত্রিম তন্তুর পণ্য উৎপাদনে প্রারম্ভিক পদার্থ হিসাবে অ্যাসিটিলিন ব্যবহৃত হয়।

● **অ্যাসিটিলিনের অসম্পৃক্তির প্রমাণ :**

(1) ব্রোমিনের লালাভ-বাদামী রঙকে বর্ণহীন করে :

$$HC \equiv CH + Br_2 \rightarrow Br{-}\overset{H}{\overset{|}{C}} = \overset{H}{\overset{|}{C}}{-}Br \text{ (বর্ণহীন)}$$

$$Br{-}\overset{H}{\overset{|}{C}} = \overset{H}{\overset{|}{C}}{-}Br + Br \rightarrow Br{-}\underset{Br}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}{-}\underset{Br}{\underset{|}{\overset{H}{\overset{|}{C}}}}{-}Br \text{ (বর্ণহীন)}$$

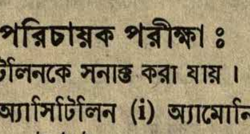
(2) **পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের** গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন করে :

$$CH \equiv CH + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}} + 2KOH + 2MnO_2$$

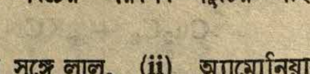
পরিচায়ক পরীক্ষা : উপরের দুটি পরীক্ষা এবং নীচের পরীক্ষা দুটির সাহায্যে অ্যাসিটিলিনকে সনাক্ত করা যায়।

অ্যাসিটিলিন (i) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সঙ্গে লাল, (ii) অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে (বিক্রিয়ার জন্য 129 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

গঠন : অ্যাসিটিলিন অণুর জ্যামিতিক আকৃতি সরলরৈখিক। কার্বন পরমাণু দুটি এবং হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি একই সরলরেখায় থাকে। 3B.5 চিত্রে অ্যাসিটিলিনের জ্যামিতিক আকৃতি দেখানো হল।

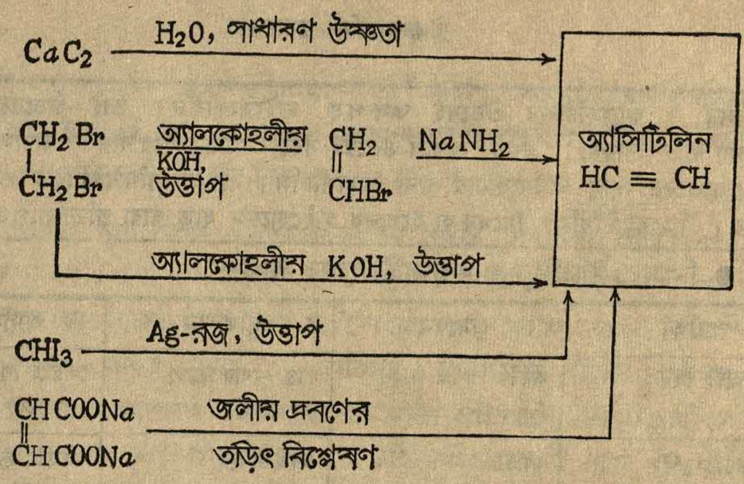


চিত্র 3B.5 : অ্যাসিটিলিন : জ্যামিতিক আকৃতি ।

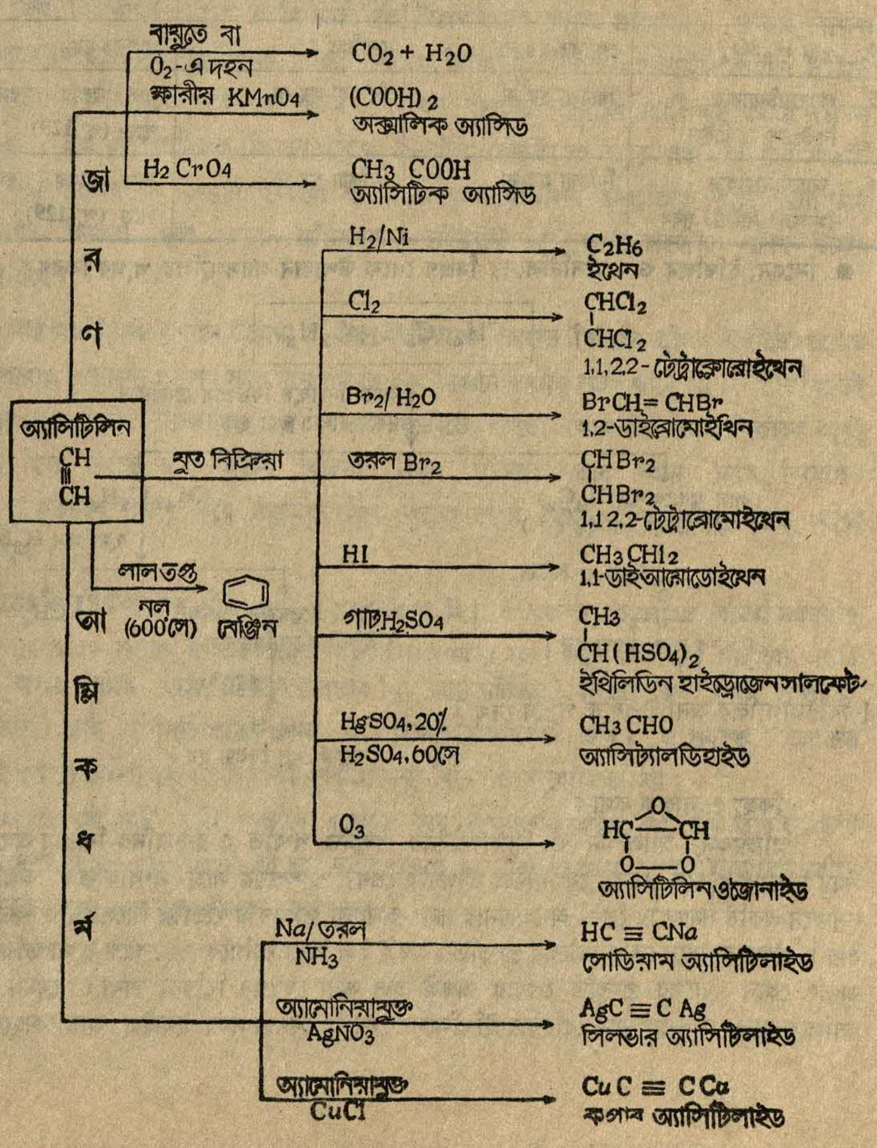


চিত্র 3B.6 : অ্যাসিটিলিন : সরলরৈখিক H—C—C বন্ধনী কোণ হল 180°।

অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতির চার্ট



অ্যাসিটিলিনের বিক্রিয়ার চার্ট

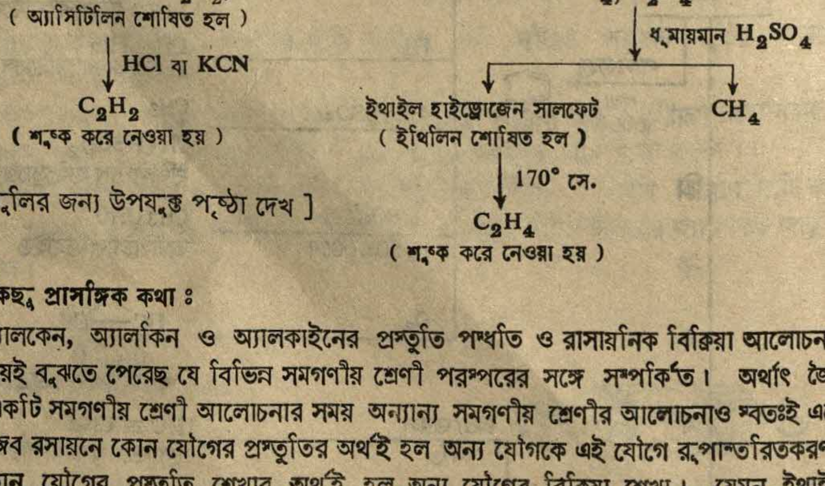


ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন উভয়েই অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন। তাই উভয়েরই মুখ্য বিক্রিয়া যুত বিক্রিয়া। একই কারণে উভয়েই সহজে জারিত হয়ে যায়। অ্যাসিটিলিনীয় হাইড্রোজেনের মৃদু আম্লিকতার জন্য অ্যাসিটিলিন ধাতব অ্যাসিটাইলাইড গঠন করতে পারে। কিন্তু ইথিলিন, মিথেন বা ইথেনের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় না।

● মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের পার্থক্য ঃ

পরীক্ষা	মিথেন	ইথিলিন	অ্যাসিটিলিন
1. বায়ুতে দহন	অদীপ্ত শিখায় জ্বলে (পৃ 94)	দীপ্ত শিখায় জ্বলে (পৃ 115)	ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে। (পৃ 126)
2. Br_2/H_2O বা Br_2/CCl_4	বিক্রিয়া হয় না	বর্ণহীন হয় (পৃ 117)	বর্ণহীন হয় (পৃ 126)
3. $KMnO_4$ দ্রবণ	বিক্রিয়া হয় না	বর্ণহীন হয় (পৃ 115)	বর্ণহীন হয় (পৃ 130)
4. গাঢ় H_2SO_4	শোষিত হয় না	শোষিত হয়	শোষিত হয়
5. অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড	বিক্রিয়া হয় না	বিক্রিয়া হয় না	লাল রঙের অধঃক্ষেপ পড়ে (পৃ 129)
6. অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ	বিক্রিয়া হয় না	বিক্রিয়া হয় না	সাদা রঙের অধঃক্ষেপ পড়ে (পৃ 129)

● মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণ থেকে উপাদান গ্যাসগুলির পৃথকীকরণ ঃ



[বিক্রিয়াগুলির জন্য উপযুক্ত পৃষ্ঠা দেখ]

কিছু প্রাসঙ্গিক কথা ঃ

অ্যালকেন, অ্যালকিন ও অ্যালকাইনের প্রস্তুতি পদ্ধতি ও রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোচনার সময় নিশ্চয়ই বুঝতে পেরেছ যে বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণী পরস্পরের সঙ্গে সম্পর্কিত। অর্থাৎ জৈব রসায়নে একটি সমগণীয় শ্রেণী আলোচনার সময় অন্যান্য সমগণীয় শ্রেণীর আলোচনাও স্বতঃই এসে যায়। জৈব রসায়নে কোন যৌগের প্রস্তুতির অর্থই হল অন্য যৌগকে এই যৌগে রূপান্তরিতকরণ। অর্থাৎ কোন যৌগের প্রস্তুতি শেখার অর্থই হল অন্য যৌগের বিক্রিয়া শেখা। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহলের জল-অপনয়ন বিক্রিয়ায় ইথিলিনের প্রস্তুতি শেখার সময় ইথাইল অ্যালকোহলের এই

বিক্রিয়াটিও শিখে ফেলা হয়। ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া আলোচনার সময় তাই অনেক জানা বিষয়ই আবার পড়া হয়। এই বিষয়টি মনে রেখে প্রয়োগ করতে পারলে জৈব রসায়নের পরিসর খুবই ছোট হয়ে পড়ে এবং পাঠ্যসূচীর আপাত বিশালতা আর ভীতির সঞ্চার করে না।

একটি যৌগকে অন্য যৌগে রূপান্তরিতকরণের পদ্ধতি শেখা জৈব রসায়ন শেখার পক্ষে অত্যন্ত সহায়ক। একটি যৌগকে অন্য যৌগে রূপান্তরণের জন্য বিভিন্ন বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়। অনেক সময় কোন বিক্রিয়া লিখে ফেলা খুবই সহজ, কিন্তু পরীক্ষাগারে এই বিক্রিয়া ঘটানো হয়তো খুবই কঠিন। আবার হয়তো কোন বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাতের পরিমাণ খুবই কম হয় বা বিক্রিয়াজাতকে অন্যান্য উৎপন্ন পদার্থ থেকে পৃথক করা কঠিন হয়ে পড়ে। তবুও প্রাথমিক পর্যায়ে বিভিন্ন বিক্রিয়ার সাহায্যে জৈব যৌগসমূহের রূপান্তরিতকরণের পদ্ধতি শেখা খুব প্রয়োজন। কিছু বিক্রিয়া হয়তো কাগুজে বিক্রিয়া (Paper reactions), তবু এই সব বিক্রিয়ার প্রয়োগ জৈব রসায়নের জ্ঞানের পরিধিকে বিস্তৃততর করে।

জৈব বিক্রিয়া লেখার সময় বিক্রিয়ার শর্ত উল্লেখ করাও একান্ত প্রয়োজন। যেমন, বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটালে বিক্রিয়াটি মিথাইল ক্লোরাইড পর্যায়ে সীমিত থাকে না। কিন্তু খুব অতিরিক্ত পরিমাণ মিথেন ব্যবহার করে বিক্রিয়াটি এই পর্যায়ে সীমিত করা যায়। তাই এই পদ্ধতিতে মিথেন থেকে মিথাইল ক্লোরাইডের প্রস্তুতিতে বিক্রিয়ার শর্তটি উল্লেখ করা প্রয়োজন। আবার ইথাইল ক্লোরাইড থেকে ইথিলিন প্রস্তুতিতে শুধু পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড লিখলে ভুল হবে—পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ উল্লেখ করতেই হবে।

আর একটি কথা এখানে উল্লেখ্য। জৈব বিক্রিয়াতে ব্যবহৃত বিক্রিয়কগুলির উপযুক্ত প্রয়োগ করতে পারাও প্রয়োজন। সব সময় মনে রাখতে হবে বিজ্ঞান কখনও থেমে থাকে না। প্রতিনিয়তই তার নব নব দিগন্ত উন্মোচিত হয়। তাই অতীতে হয়তো কোন বিক্রিয়া বা বিকারক খুবই প্রচলিত ছিল, কিন্তু আজ নতুন বিক্রিয়া, নতুন বিকারক তার স্থান নিয়ে নিয়েছে। জীর্ণ পুরাতনকে বর্জন করে নতুনকে বরণ করতে শেখা বিজ্ঞান শিক্ষার্থীর কাছে খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

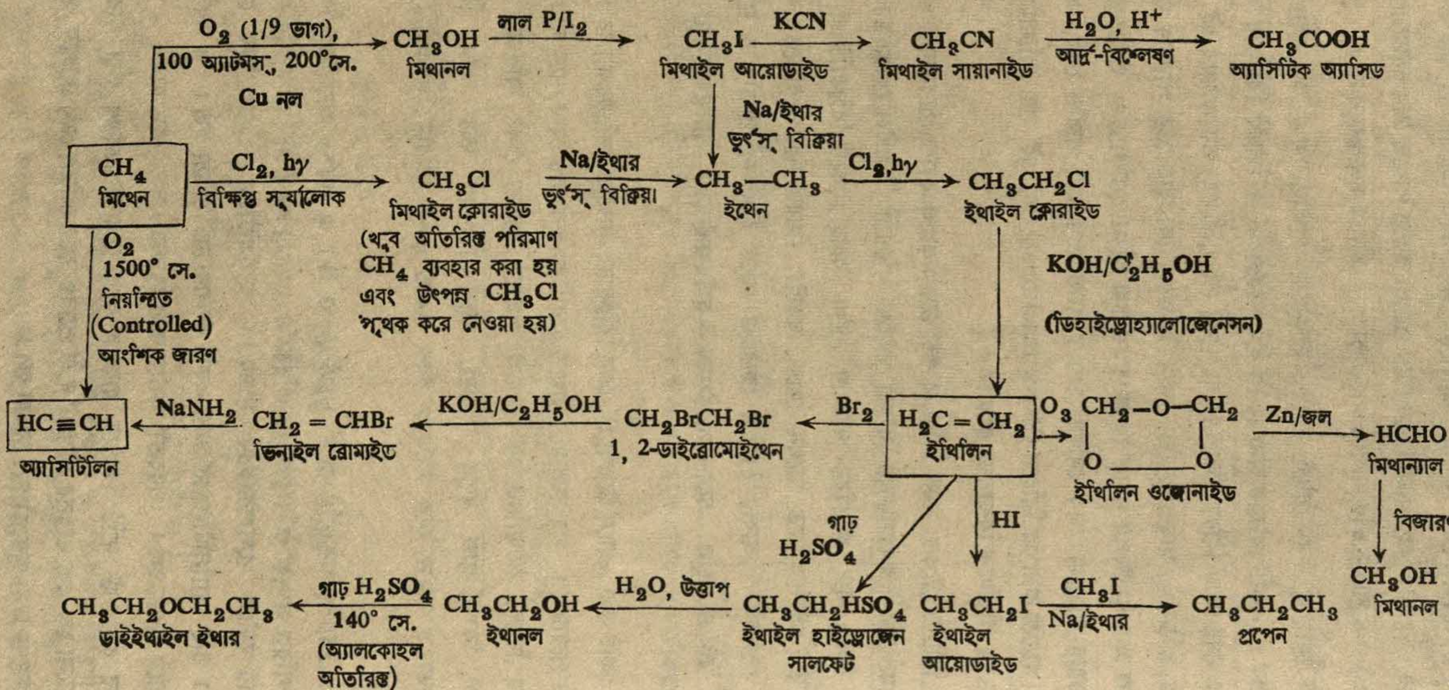
134 ও 135 পৃষ্ঠার দুটি চার্টে (চার্ট A ও B) এ পর্যন্ত আলোচিত বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীর পারস্পরিক সম্পর্ক ও পারস্পরিক পরিবর্তন দেখানো হল (এই চার্ট দুটির সাহায্যে একটি যৌগকে অপর যৌগে রূপান্তরকরণ সম্ভব)। অ্যাসিটিলিন বিভিন্ন জৈব যৌগ প্রস্তুতির ভিত্তিস্বরূপ। তাই অ্যাসিটিলিনের জন্য একটি আলাদা চার্ট দেওয়া হল। এ পর্যন্ত আলোচিত বিক্রিয়াই এখানে দেওয়া হল। পরবর্তী পর্যায়ে অন্য বিক্রিয়াও সংযোজিত হবে।

এরপর এই চার্ট দুটি কিভাবে ব্যবহার করে রূপান্তরিতকরণ করা যায় তার কয়েকটি উদাহরণ দেখানো হল এবং তারপর এই চার্ট দুটি প্রয়োগ করে বিভিন্ন জৈব যৌগকে অন্য জৈব যৌগে রূপান্তরিতকরণের জন্য অনুশীলনী দেওয়া হল।

চার্ট—A

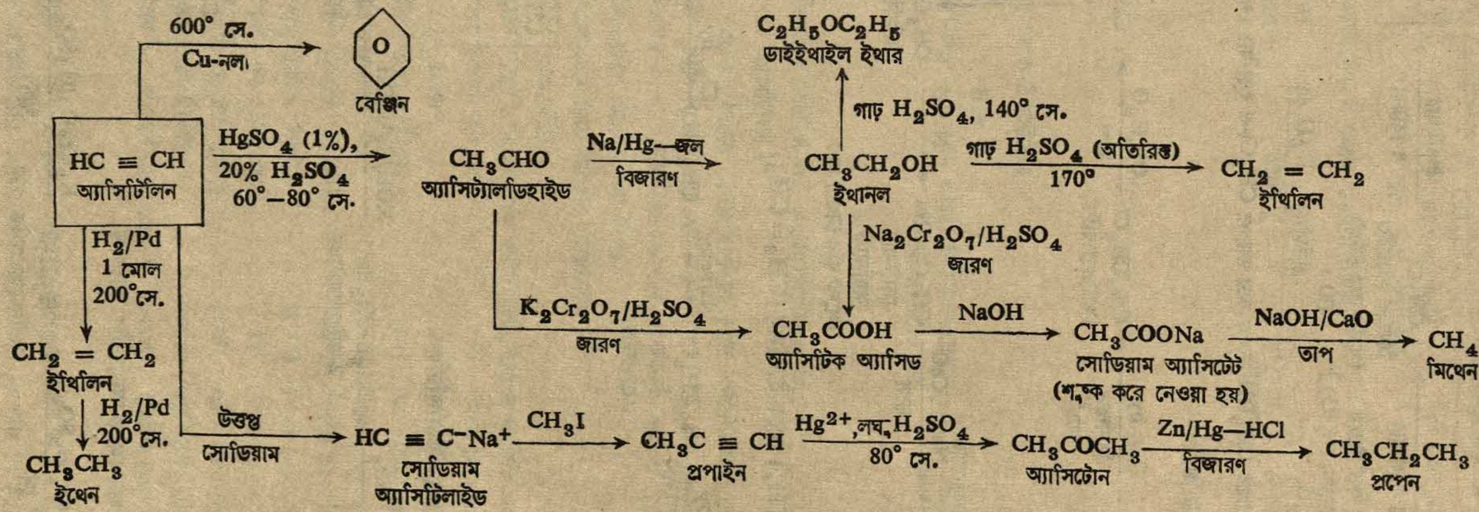
রূপান্তরিতকরণ—প্রথম পর্যায়

মিথেন ও ইথিলিনকে বিভিন্নযৌগে রূপান্তরিতকরণ



চার্ট—B

অ্যাসিটীলনকে বিভিন্ন যৌগে রূপান্তরিতকরণ



● **রূপান্তরিতকরণ :**

(1) মিথেন (CH_4) থেকে ইথেন (CH_3CH_3)

$$\underset{\text{মিথেন}}{\boxed{CH_4}} \xrightarrow[\text{বিক্ষিপ্ত সূর্যালোক}]{Cl_2,\ h\gamma} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow[\text{ভুর্ৎস বিক্রিয়া}]{Na/\text{ইথার}} \underset{\text{ইথেন}}{\boxed{CH_3CH_3}}$$

খুব অতিরিক্ত পরিমাণ [এখানে শর্ত উল্লেখ করা প্রয়োজন (পৃ 95)] (পৃথক করে নেওয়া হয়)।

মিথেন থেকে CH_3OH উৎপন্ন করে তারপর CH_3Cl-ও করা যায় (পৃ 96)।]

(2) ইথেন থেকে মিথেন

$$\underset{\text{ইথেন}}{\boxed{CH_3CH_3}} \xrightarrow[\text{নিয়ন্ত্রিত শর্তে}]{Cl_2,\ h\gamma} \underset{\text{ইথাইলক্লোরাইড}}{CH_3CH_2Cl} \xrightarrow[\text{তাপ}]{KOH, H_2O} \underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH}$$

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow[\text{তাপ}]{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} \xrightarrow[\text{তাপ}]{NaOH/CaO} \underset{\text{মিথেন}}{\boxed{CH_4}}$$

(সোডিয়াম অ্যাসিটেট শুষ্ক করে নেওয়া হয়)

(3) মিথেন (CH_4) থেকে ইথিলিন ($CH_2{=}CH_2$)

$$\underset{\text{মিথেন}}{\boxed{CH_4}} \xrightarrow[\text{বিক্ষিপ্ত সূর্যালোক}]{Cl_2,\ h\gamma} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow{Na/\text{ইথার}} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3CH_3} \xrightarrow{Cl_2,\ h\gamma} \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3CH_2Cl} \xrightarrow{KOH/C_2H_5OH} \underset{\text{ইথিলিন}}{\boxed{CH_2{=}CH_2}}$$

খুব অতিরিক্ত পরিমাণ

(4) ইথিলিন থেকে অ্যাসিটিলিন

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{\boxed{CH_2{=}CH_2}} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{1, 2-ডাইব্রোমোইথেন}}{CH_2BrCH_2Br} \xrightarrow{KOH/C_2H_5OH} \underset{\text{ভিনাইল ব্রোমাইড}}{CH_2{=}CHBr} \xrightarrow{NaNH_2} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{\boxed{CH{\equiv}CH}}$$

(5) অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড

$$\underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{\boxed{HC{\equiv}CH}} \xrightarrow[80^\circ \text{ সে.}]{HgSO_4,\ \text{লঘু } H_2SO_4} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow[\text{জারণ}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{\boxed{CH_3COOH}}$$

(6) অ্যাসীটিক অ্যাসিড থেকে মিথেন

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{\boxed{CH_3COOH}} \xrightarrow{NaOH} \underset{\substack{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}\\ \text{(শুষ্ক করে নেওয়া হয়)}}}{CH_3COONa} \xrightarrow[\text{তাপ}]{NaOH/CaO} \underset{\text{মিথেন}}{\boxed{CH_4}}$$

(7) ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ফরম্যালডিহাইড

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{\boxed{CH_3CH_2OH}} \xrightarrow[170^\circ\text{সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \text{ (অতিরিক্ত)}} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2=CH_2} \xrightarrow{O_3} \underset{\text{ইথিলিন ওজোনাইড}}{CH_2-O-CH_2 \text{ (দুটি } CH_2 \text{ এর সঙ্গে } O-O \text{ যুক্ত)}} \xrightarrow{Zn/H_2O} \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO}$$

(8) 1-বিউটিন থেকে 2-বিউটিন

$$\underset{\text{1-বিউটিন}}{CH_3CH_2CH=CH_2} \xrightarrow{HBr} \underset{\text{2-ব্রোমোবিউটেন}}{CH_3CH_2CHBrCH_3} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{অ্যালকোহলীয় KOH}} \underset{\text{2-বিউটিন}}{CH_3CH=CHCH_3}$$

প্রশ্ন : 3.45 রূপান্তরিত কর (চার্ট A ও B-এর সাহায্য নিতে পার) ঃ

(i) মিথেন থেকে অ্যাসিটিলিন।

(ii) ইথিলিন থেকে মিথেন [(i) ইথিলিন থেকে অ্যাসিটিলিন কর (চার্ট A)। তারপর অ্যাসিটিলিন থেকে মিথেন কর (চার্ট B) বা (ii) $C_2H_4 \rightarrow CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa \rightarrow CH_4$ (উপযুক্ত বিকারক বসিয়ে দাও)।]

(iii) অ্যাসিটিলিন থেকে মিথেন (চার্ট B)।

(iv) ইথাইল অ্যালকোহল থেকে মিথাইল অ্যালকোহল।

(v) অ্যাসিটিলিন থেকে বেঞ্জিন।

(vi) মিথেন থেকে বেঞ্জিন (মিথেন থেকে অ্যাসিটিলিন, তারপর অ্যাসিটিলিন থেকে বেঞ্জিন)

(vii) মিথেন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল।

(viii) মিথেন থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড।

(ix) ইথিলিন থেকে প্রপেন।

(x) অ্যাসিটিলিন থেকে মিথাইল অ্যাসিটিলিন।

(xi) অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিটোন।

(xii) অ্যাসিটিলিন থেকে প্রপেন।

(xiii) মিথেন থেকে মিথানল।

(xiv) মিথেন থেকে ফরম্যালডিহাইড।

(xv) মিথেন থেকে মিথাইল আয়োডাইড।

(xvi) মিথেন থেকে মিথাইল সায়ানাইড।

(xvii) মিথেন থেকে ইথাইল ক্লোরাইড।

(xviii) মিথেন থেকে ইথিলিন ওজোনাইড।

(xix) ইথিলিন থেকে ফরম্যালডিহাইড।

(xx) ইথিলিন থেকে মিথানল।

(xxi) ইথিলিন থেকে ভিনাইল ব্রোমাইড।

(xxii) অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিট্যালডিহাইড।

(xxiii) অ্যাসিটিলিন থেকে ইথিলিন।

(xxiv) অ্যাসিটিলিন থেকে ডাইইথাইল ইথার।

(xxv) অ্যাসিটিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল।

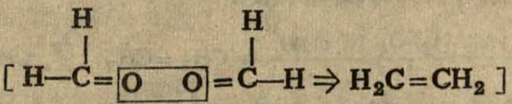
(xxvi) ইথিলিন থেকে ডাইইথাইল ইথার।

● সমস্যার সমাধান

(1) একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ব্রোমিনের রঙ বর্ণহীন করে এবং ওজোন বিশ্লেষে শুধু ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে। হাইড্রোকার্বনটি সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি কি ঘটে দেখাও।

সমাধান ঃ (i) হাইড্রোকার্বনটি ব্রোমিনের রঙ বর্ণহীন করে।
∴ হাইড্রোকার্বনটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন।

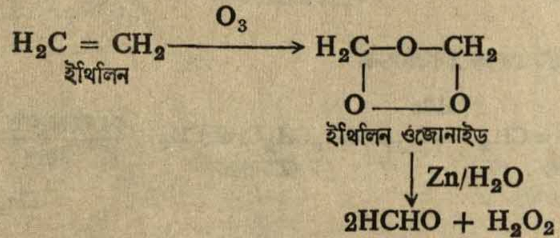
(ii) হাইড্রোকার্বনটির ওজোন বিশ্লেষে শুধু ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোকার্বন থেকে 2 অণু ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং, হাইড্রোকার্বনটি হল $H_2C = CH_2$ (ইথিলিন)।



বিক্রিয়াগুলি হল ঃ

(i) $H_2C = CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2BrCH_2Br$
ইথিলিন (বর্ণহীন) — (লালাভ-বাদামী) — 1, 2-ডাইব্রোমোইথেন (বর্ণহীন)

(ii)



(2) একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন (A) নিকেলের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 2 মোল হাইড্রোজেন গ্রহণ করে অপর একটি হাইড্রোকার্বন (B) উৎপন্ন করে। ইথার মাধ্যমে মিথাইল আয়োডাইডের উপর সোডিয়ামের ক্রিয়ায় (B) হাইড্রোকার্বনটি প্রস্তুত করা যায়। হাইড্রোকার্বন দুটিকে (A ও B) সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি কি ঘটে দেখাও।

সমাধান ঃ (i) হাইড্রোকার্বন (A) হাইড্রোজেনেশন (H_2/Ni) বিক্রিয়ায় 2 মোল হাইড্রোজেন গ্রহণ করে।

∴ A হাইড্রোকার্বনটি অসম্পৃক্ত এবং হাইড্রোকার্বনটিতে সম্ভবত 2টি দ্বি-বন্ধনী বা 1টি ত্রি-বন্ধনী আছে।

(ii) ইথার মাধ্যমে মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে সোডিয়ামের ক্রিয়ায় B হাইড্রোকার্বনটি উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি ভুর্ৎস বিক্রিয়া এবং এই বিক্রিয়ায় ইথেন ($CH_3—CH_3$) উৎপন্ন হয়। $CH_3I + 2Na + ICH_3 \rightarrow CH_3CH_3 + 2NaI$

∴ B হাইড্রোকার্বনটি ইথেন।

(iii) যেহেতু A হাইড্রোকার্বনটি 2 মোল হাইড্রোজেন গ্রহণ করে ইথেন উৎপন্ন করে, সুতরাং A হাইড্রোকার্বনে একটি ত্রি-বন্ধনী বর্তমান এবং হাইড্রোকার্বনটি হল $H—C \equiv C—H$ (অ্যাসিটিলিন)।

$$H—C \equiv C—H + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3—CH_3$$
অ্যাসিটিলিন — ইথেন

(3) একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় একটি লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। লাল অধঃক্ষেপটিকে উষ্ণ পটাসিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে হাইড্রোকার্বনটি ফিরে পাওয়া যায়। হাইড্রোকার্বনটি উত্তপ্ত সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-সোডিয়াম জাতক উৎপন্ন করে। হাইড্রোকার্বনটিকে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি দেখাও।

সমাধান : (i) হাইড্রোকার্বনটি অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

∴ হাইড্রোকার্বনে অ্যাসিটিলিনীয় হাইড্রোজেন ($\equiv C-H$) বর্তমান।

(ii) যেহেতু হাইড্রোকার্বনটি ডাইসোডিয়াম জাতক উৎপন্ন করে, সুতরাং হাইড্রোকার্বনটিতে দুটি অ্যাসিটিলিনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। অর্থাৎ হাইড্রোকার্বনটি অ্যাসিটিলিন ($H-C\equiv C-H$)।

$$H-C \equiv C-H + 2Na \rightarrow \overset{+}{Na}\overset{-}{C} \equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} + H_2$$

(iii) হাইড্রোকার্বনটি যে অ্যাসিটিলিন তা আরও প্রমাণিত হয় :

হাইড্রোকার্বনটি অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে, এবং লাল অধঃক্ষেপটিকে উষ্ণ পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে হাইড্রোকার্বনটি ফিরে পাওয়া যায়। লাল অধঃক্ষেপটি কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইডের এবং কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইড KCN দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে :

$$H-C \equiv C-H + Cu_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow \underset{\text{লাল অধঃক্ষেপ}}{CuC \equiv CCu\downarrow} + 2NH_4Cl$$

$$Cu-C \equiv C-Cu + 2KCN + 2H_2O \rightarrow 2CuCN + 2KOH + HC \equiv CH$$

(4) C_4H_8 আণবিক সংকেতযুক্ত একটি হাইড্রোকার্বন (A) ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়ায় প্রপান্যাল ও মিথান্যাল উৎপন্ন করে। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় C_4H_9Br সংকেতযুক্ত অপর একটি যৌগ উৎপন্ন হয়। এই যৌগটিকে অ্যালকোহলীয় KOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে হাইড্রোকার্বন (A)-এর সঙ্গে সমাবয়বী (isomeric) অপর একটি হাইড্রোকার্বন (B) উৎপন্ন হয়। হাইড্রোকার্বন (A) ও (B)-কে সনাক্ত কর।

সমাধান : (i) ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন (A) থেকে উৎপন্ন হয় প্রপান্যাল (CH_3CH_2CHO) ও মিথান্যাল (HCHO)। সুতরাং হাইড্রোকার্বনটি হল 1-বিউটিন ($CH_3CH_2CH = CH_2$)।

$$\left[\, CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}=\boxed{O\quad O}=\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}-H \Rightarrow CH_3CH_2CH = CH_2 \,\right]$$

(ii) 1-বিউটিনের সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় মারকনিকফ নিয়মানুযায়ী 2-ব্রোমোবিউটেন উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{1-বিউটিন}}{CH_3CH_2CH = CH_2} + HBr \rightarrow \underset{\substack{(\text{আণবিক সংকেত } C_4H_9Br)\\ \text{2-ব্রোমোবিউটেন}}}{CH_3CH_2CHBrCH_3}$$

(iii) 2-ব্রোমোবিউটেনকে অ্যালকোহলীয় KOH-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ডিহাইড্রোব্রোমিনেশন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় মুখ্যত 2-বিউটিন — 2-বিউটিন 1-বিউটিনের সমাবয়বী। সুতরাং (B) হাইড্রোকার্বনটি 2-বিউটিন।

$$CH_3CH_2CHBrCH_3 + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3CH = CHCH_3 + KBr + H_2O$$

অনুশীলনী

1. অ্যালকেন কাদের বলে ? এদের প্যারাফিনও বলা হয় কেন ? অ্যালকেন প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলির সমীকরণ দাও। অ্যালকেনের সাধারণ ধর্ম বর্ণনা কর।

(a) মিথেনের দুটি প্রাকৃতিক উৎসের নাম কর।

(b) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতির দুটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুতির সব থেকে ভাল পদ্ধতি কোন্‌টি ?

(c) মিথেনের সঙ্গে (i) ক্লোরিনের, (ii) আলোকের অনুপস্থিতিতে ব্রোমিনের, (iii) সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াগুলির (যদি বিক্রিয়া হয়) শর্ত ও সমীকরণ দাও।

(d) মিথেনের ব্যবহার উল্লেখ কর।

2. (a) বিক্রিয়কগুলির নাম ও বিক্রিয়ার শর্ত উল্লেখ করে ইথেন প্রস্তুতির চারটি সমীকরণ দাও।

(b) (i) কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে দ্রবীভূত ব্রোমিনে, (ii) ক্ষারীয় লঘু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে ইথেন চালনা করা হল। কি পর্যবেক্ষণ করবে ? এই পর্যবেক্ষণ থেকে ইথেনের গঠন সম্পর্কে কি সিদ্ধান্ত করতে পার ?

3. (a) পরীক্ষাগারে ইথেন প্রস্তুতির দুটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) মিথেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ (i) অন্ধকারে, (ii) প্রখর সূর্যালোকে, (iii) বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে রাখা হল। প্রতিটি ক্ষেত্রে কি ঘটে ?

4. (a) কিভাবে ইথানল থেকে বিশুদ্ধ ইথিলিন প্রস্তুত করবে ? পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুতিতে ··· ডিগ্রী C তাপমাত্রায় মিশ্রণটি রাখা হয়। (শূন্যস্থান পূর্ণ কর)। (b) ইথিলিন থেকে (i) ইথানল, (ii) অ্যাসিটিলিন, (iii) ইথেন-1, 2-ডাইঅল প্রস্তুতির বিক্রিয়া দাও।

5. (a) পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) ইথিলিনের ধর্মাবলী বর্ণনা কর।

(c) ইথিলিনকে কিভাবে মিথেন ও বেঞ্জিন থেকে পার্থক্য করা যায় ?

(d) ইথিলিনের ব্যবহার উল্লেখ কর।

6. (a) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

(b) কিভাবে এবং কি শর্তে নিম্নের বিকারকগুলির সঙ্গে অ্যাসিটিলিন বিক্রিয়া করে সমীকরণ সহ বর্ণনা কর :

(i) হাইড্রোজেন, (ii) ক্লোরিন, (iii) অ্যামোনিয়াযুক্ত কপার (I) ক্লোরাইডের (কিউপ্রাস ক্লোরাইডের) দ্রবণ।

(c) অ্যাসিটিলিনের ব্যবহার উল্লেখ কর।

7. (a) 'অসম্পৃক্ত' পদটির অর্থ কি ? ইথিন ও ইথাইন দিয়ে তোমার উত্তর ব্যাখ্যা কর।

(b) কিভাবে অ্যাসিটিলিনকে (i) ক্লোরোইথিন ($CH_2=CHCl$), (ii) ইথেন-1, 2-ডাইঅল, (iii) বেঞ্জিনে রূপান্তরিত করবে ?

8. (a) কিভাবে প্রমাণ করবে যে ইথিলিন একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ?

(b) ইথিলিনের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়ার সমীকরণ সহ বর্ণনা কর :

(i) Br_2/CCl_4, (ii) Br_2/H_2O, (iii) H_2/Ni, (iv) O_3, (v) HBr.

(vi) লঘু শীতল ক্ষারীয় $KMnO_4$।

9. (a) কিভাবে প্রমাণ করবে অ্যাসিটিলিন একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ?

(b) অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়া শর্ত ও সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

(i) Cl_2, (ii) Br_2, (iii) HBr, (iv) লঘু $H_2SO_4/HgSO_4$, (v) HCN, (vi) অ্যামোনিয়াযুক্ত $AgNO_3$, (vii) ধাতব Na।

10. (a) মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের গ্যাস মিশ্রণ থেকে কিভাবে এদের পৃথক করবে ?

(b) মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের ধর্মের একটি তুলনামূলক বিবরণ দাও।

11. (a) তিনটি পৃথক গ্যাসজারে মিথেন, ইথেন ও অ্যাসিটিলিন আছে। কিভাবে এদের সনাক্ত করবে ?

(b) কিভাবে প্রমাণ করবে (i) ইথিলিন ও (ii) অ্যাসিটিলিনে কার্বন আছে ?

12. **টীকা লেখ :** (i) সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন, (ii) যুত ও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, (iii) ভুর্ৎস বিক্রিয়া, (iv) পলিমেরিজেশন, (v) ওজোনোলিসিস, (vi) পলিথিন, (vii) কোলবে তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতি, (viii) মারকনিকফের নিয়ম।

13. **কি ঘটে, সমীকরণ সহ লেখ :**
(a) শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেট সোডালাইম সহ উত্তপ্ত করা হল।
(b) অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হল।
(c) মিথাইল আয়োডাইডে জিঙ্ক-কপার যুগল ও অ্যালকোহল যোগ করা হল।
(d) বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটানো হল।
(e) ইথাইল অ্যালকোহল ও অতিরিক্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ 170° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল।
(f) ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প 350° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করা হল।
(g) আয়োডোফর্ম সিলভার গুঁড়া সহ উত্তপ্ত করা হল।
(h) মারকিউরিক অক্সাইডের উপস্থিতিতে উষ্ণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিটিলিন চালনা করা হল।

14. (a) প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার সহযোগে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত পদার্থগুলির নাম ও সংকেত লেখ। (J.E.E. '86)
(b) লঘু শীতল পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে ইথিলিন চালনা করলে উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম ও সংকেত লেখ।
(c) ইথাইল ব্রোমাইডকে অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম ও সংকেত লেখ।

15. **সংকেত বা সমীকরণের সাহায্যে উদাহরণ দাও :**
(a) ভুর্ৎস বিক্রিয়া (Wurtz reaction), (b) একটি গ্রীগনার্ড বিকারক, (c) একটি হ্যালোজেন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, (d) কোন অ্যাসিডের ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়ায় অ্যালকেন প্রস্তুতি, (e) একটি অ্যালকিল হ্যালাইড, (f) অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেন আম্লিকধর্মী।

16. (a) ভুর্ৎস বিক্রিয়ায় ইথারের ভূমিকা কি ?
(b) অ্যাসিটিলিনের জলযোজন বিক্রিয়ায় মারকিউরিক সালফেটের ভূমিকা কি ?
(c) Zn/H_2O দিয়ে ওজোনাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় জিঙ্কের ভূমিকা কি ?
(d) সোডালাইম দিয়ে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের ডিকার্বক্সিলেশন বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম অক্সাইডের ভূমিকা কি ?
(e) Ni/H_2 দিয়ে ইথিলিনের বিজারণ বিক্রিয়ায় নিকেলের ভূমিকা কি ?
(f) আলোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে মিথেনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় আলোকের ভূমিকা কি ?

17. C_4H_8 আণবিক সংকেতযুক্ত অ্যালকিনগুলির গঠন লেখ। ওজোনের সাহায্যে এই অ্যালকিনগুলির মধ্যে কিভাবে পার্থক্য করবে ?

18. **প্রপিনের সঙ্গে নীচের বিকারকগুলির বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগগুলির গঠনসংকেত লেখ :**
(i) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, (ii) ব্রোমিন, (iii) শীতল পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ, (iv) ওজোন তারপর জল।

19. (a) সমাবয়বী পেন্টেনগুলির মধ্যে কোনটি একটিমাত্র মনোক্লোরো প্রতিস্থাপিত বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে ?
(b) কিভাবে রূপান্তরিত করবে ? (i) মিথেন→ইথেন,
(ii) মিথেন→n-বিউটেন, (iii) ইথেন→n-বিউটেন।

20. (a) কিভাবে পৃথক করবে ?

(i) মিথেন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণ থেকে অ্যাসিটিলিন, (ii) মিথেন ও ইথিলিনের মিশ্রণ থেকে ইথিলিন, (iii) মিথেন ও জলীয় বাষ্পের মিশ্রণ থেকে জলীয় বাষ্প, (iii) মিথেন ও CO_2-এর মিশ্রণ থেকে CO_2 ।

(b) মিথেনের সঙ্গে খুব কম পরিমাণে অ্যাসিটিলিন মিশ্রিত আছে। কিভাবে এই অ্যাসিটিলিন সনাক্ত করবে ?

(c) মিথেনের সঙ্গে ক্লোরিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটি মিথাইল ক্লোরাইড পর্যায়ে সীমিত রাখা যায় কিভাবে ?

21. **নিম্নের যৌগগুলিকে ধর্মের সাদৃশ্য অনুসারে শ্রেণীবদ্ধ কর :**

মিথেন, ইথিন, প্রপাইন, ইথেন, প্রপিন, ইথাইন, প্রপেন, 1-বিউটাইন, 1-বিউটিন, 2-বিউটাইন, মিথাইলপ্রপেন, মিথাইলপ্রপিন, 2-বিউটিন, বিউটেন।

22. **নিম্নের যৌগগুলির সাধারণ অবস্থায় ভৌতাবস্থা উল্লেখ কর :**

মিথেন, ইথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, 1-বিউটিন, 2-বিউটিন, প্রপাইন।

23. একটি পরীক্ষা দ্বারা নীচের যৌগযুগ্মগুলির প্রতিটির মধ্যে কিভাবে পার্থক্য করবে ?

(i) ইথেন ও ইথিলিন, (ii) ইথেন ও অ্যাসিটিলিন. (iii) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিন, (iv) 1-বিউটাইন ও 2-বিউটাইন, (v) মিথেন ও ইথিলিন।

24. (a) তুমি প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার সাহায্যে মনোব্রোমোঅ্যালকেন প্রস্তুত করতে চাও। ব্রোমিন অ্যালকেনে যোগ করবে না অ্যালকেন ব্রোমিনে যোগ করবে ?

(b) জ্বলন্ত অকটেনে জল যোগ করলে কি আগুন নিভে যাবে ?

25. **নীচের কোন্ কোন্ নামগুলি একই যৌগের ?**

ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, ইথিন, মিথাইলঅ্যাসিটিলিন, প্রপাইন, ইথাইন, 2-মিথাইলপ্রপিন, আইসো-বিউটিলিন, প্রপিলিন, প্রপিন।

26. **নীচের সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর :**

(a) $C_2H_5I + HI \rightarrow$

(b) $2C_2H_5I + 2Na \rightarrow$

(c) $CH_3I + Mg \xrightarrow{\text{শুষ্ক ইথার}}$

(d) $CH_3MgI + H_2O \rightarrow$

(e) $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{\text{তাপ}}$

(f) $HC{\equiv}C^-Na^+ + CH_3I \rightarrow$

(g) $CaC_2 + H_2O \rightarrow$

(h) $Al_4C_3 + H_2O \rightarrow$

27. **নীচের বিক্রিয়াগুলিতে A থেকে T-এর গঠন ও নাম লেখ :**

(a) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{O_3} A \xrightarrow{Zn/H_2O} B$

(b) $CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} C$

(c) $CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow[\text{পারঅক্সাইড}]{HBr} D$

(d) $CH_2{=}CH_2 \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{গাঢ়}} E \xrightarrow{H_2O,\ \text{তাপ}} F$

(e) $CH_3CH_2OH \xrightarrow[170^\circ]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} G \xrightarrow{Br_2} H$

(f) $CH_3I + Mg \xrightarrow{\text{ইথার}} I \xrightarrow{H_2O} J$

(g) $CH_3CH_2OH \xrightarrow[170^\circ]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} K \xrightarrow{O_3} L \xrightarrow{Zn/H_2O} L$

(h) $CH{\equiv}CH \xrightarrow[\text{20\% লঘু } H_2SO_4,\ 60^\circ]{HgO} M \xrightarrow{HCN} N$

(i) $CH{\equiv}CH \xrightarrow{Cu_2Cl_2/NH_3} O \xrightarrow{KCN} P$; $O \xrightarrow{HCl} P$

(j) $CH{\equiv}CH \xrightarrow{AgNO_3/NH_3} Q \xrightarrow{HNO_3} R$; $Q \xrightarrow{KCN} R$

(K) $CH_3CH_2CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} S \xrightarrow{KOH/C_2H_5OH} T$

28. C_3H_6 আণবিক সংকেত যুক্ত একটি হাইড্রোকার্বন (A) ব্রোমিনের রঙ বর্ণহীন করে। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্গে পারঅক্সাইডের অনুপস্থিতিতে HBr-এর বিক্রিয়ায় (B) নামক একটি যৌগ এবং পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে HBr-এর বিক্রিয়ায় (C) নামক অপর একটি যৌগ উৎপন্ন হয়। (B) ও (C) পরস্পর সমাবয়বী এবং উভয়েই অ্যালকোহলীয় KOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোকার্বন (A) উৎপন্ন করে। (A), (B) ও (C) যৌগগুলিকে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি দেখাও।
[উঃ (A) $CH_3CH{=}CH_2$, (B) $CH_3CHBrCH_3$, (C) $CH_3CH_2CH_2Br$]

29. C_4H_6 সংকেতসম্পন্ন অ্যালকাইন দুটির গঠন ও নাম লেখ এবং একটি পরীক্ষাগার পরীক্ষার দ্বারা অ্যালকাইন দুটির মধ্যে পার্থক্য কর।

30. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন (A) অনুঘটকজনিত হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়ায় 1 মোল হাইড্রোজেন গ্রহণ করে অপর একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন (B) উৎপন্ন করে। ইথার মাধ্যমে মিথাইল আয়োডাইডের উপর সোডিয়ামের ক্রিয়ায় B যৌগটি প্রস্তুত করা যায়। (A) ও (B) যৌগ দুটিকে সনাক্ত কর। [উঃ (A) $H_2C{=}CH_2$, (B) CH_3CH_3]

31. একটি সম্পৃক্ত গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে কোন অ্যালকিন বা অ্যালকাইনের হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা যায় না। হাইড্রোকার্বনটি কি হতে পারে? [উঃ মিথেন]

32. C_2H_4 সংকেতযুক্ত একটি হাইড্রোকার্বন (A) ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমিনের রঙ বর্ণহীন করে এবং (B) নামক যৌগ উৎপন্ন করে। অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে B যৌগটিকে ফোটালে অপর একটি হাইড্রোকার্বন (C) উৎপন্ন হয়। (C) যৌগটি অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। (A), (B) ও (C)-কে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি দেখাও। [(A) ইথিলিন, (B) 1, 2-ডাইব্রোমাইথেন, (C) অ্যাসিটিলিন]

33. C_3H_7Br সংকেতযুক্ত দুটি সমাবয়বী যৌগ (A ও B) থেকেই অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় একই হাইড্রোকার্বন C উৎপন্ন হয়। C-এর ওজোন বিশ্লেষের ফলে

অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। A, B ও C যৌগ তিনটি কি হতে পারে? C-এর সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় A যৌগটি পাওয়া যায়। A, B ও C যৌগ তিনটিকে সনাক্ত কর। C থেকে কি ভাবে B পাওয়া যায়?

[উঃ (A) $CH_3CH_2CH_2Br$, (B) $CH_3CH\ Br\ CH_3$, (C) $CH_3CH=CH_2$]

3C. প্যারাফিনের হ্যালোজেন-জাতক

মুক্তশৃংখল সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণুর হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে প্যারাফিনের হ্যালোজেন-জাতক উৎপন্ন হয়। যেমন, মিথেনের এক, দুই, তিন ও চারটি পরমাণুর হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে মনো, ডাই, ট্রাই ও টেট্রাহ্যালো মিথেন উৎপন্ন হয়। মনো-হ্যালো প্যারাফিনসমূহ অ্যালকিল হ্যালাইডরূপে পরিচিত।

পাঠ্যসূচী অনুযায়ী এখানে **ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম** আলোচিত হল।

ক্লোরোফর্ম, $CHCl_3$

মিথেনের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তিনটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে ক্লোরোফর্ম বা ট্রাইক্লোরোমিথেন উৎপন্ন হয়।

3C.1 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory method)

জলীয় ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন বিরঞ্জক চূর্ণ সহযোগে পাতিত করে পরীক্ষাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। বিরঞ্জক চূর্ণ থেকে প্রয়োজনীয় ক্লোরিন ও চুন [$Ca(OH)_2$] পাওয়া যায়।

জলীয় অ্যালকোহল ও বিরঞ্জক-চুর্ণের বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি :

সম্ভবত নিম্নরূপে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয় বলে মনে করা হয় :

(1) বিরঞ্জক চূর্ণ থেকে ক্লোরিন ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড পাওয়া যায় :

$$Ca(OCl)Cl + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + Cl_2$$

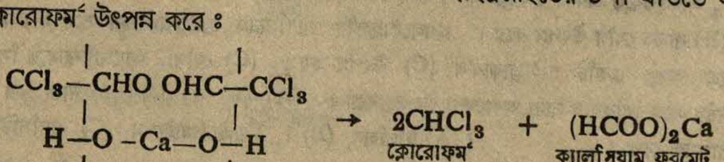
(2) **জারণ :** বিরঞ্জক চূর্ণ থেকে প্রাপ্ত ক্লোরিন ইথাইল অ্যালকোহলকে অ্যাসিট্যালডিহাইডে জারিত করে দেয় :

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + Cl_2 = \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + 2HCl$$

(3) **ক্লোরিনেশন :** উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড ক্লোরিন দ্বারা ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিট্যালডিহাইড বা ক্লোরালে পরিণত হয় :

$$CH_3CHO + 3Cl_2 = \underset{\text{ট্রাইক্লোরো-অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ক্লোরাল}}{CCl_3CHO} + 3HCl$$

(4) **আর্দ্র-বিশ্লেষণ :** ক্লোরাল ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে :



$$[\ Ca(OH)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O\ ]$$

অ্যাসিটোন ও বিরঞ্জক চূর্ণের জলীয় লেই-এর বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি :

বিক্রিয়া : বিরঞ্জক চূর্ণ থেকে প্রাপ্ত ক্লোরিনের দ্বারা অ্যাসিটোনের ক্লোরিনেশনের ফলে প্রথমে ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটোন উৎপন্ন হয় এবং ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (বিরঞ্জক চূর্ণ থেকে প্রাপ্ত) দ্বারা ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটোনের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয় :

(i) **ক্লোরিনেশন :** $CH_3COCH_3 + 3Cl_2 = \underset{\text{ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটোন}}{CCl_3COCH_3} + 3HCl$

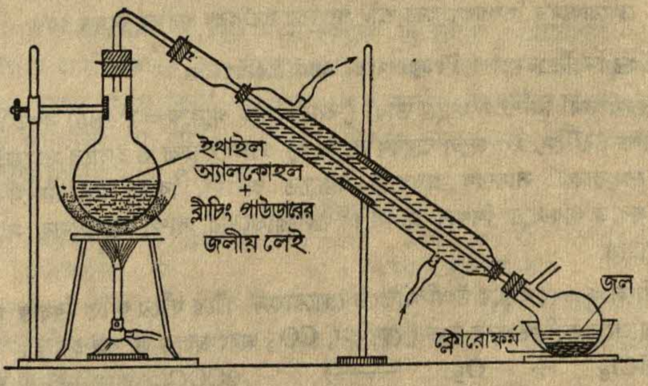
(ii) **আর্দ্রবিশ্লেষণ :**

$$CCl_3{-}COCH_3 + H_3CCO{-}CCl_3 = \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{2CHCl_3} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca}$$

H——O—Ca——O——H

$$[\,Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O\,]$$

পদ্ধতি : (1) বিরঞ্জক চূর্ণের সঙ্গে জল মিশিয়ে একটি লেই প্রস্তুত করা হয় এবং একটি বড় গোলতল ফ্লাস্কে লেইটি নেওয়া হয়। গোলতল ফ্লাস্কের সঙ্গে একটি রিফ্লাক্স শীতক যোগ করে ফ্লাস্কটি ঝাঁকাতে ঝাঁকাতে শীতকের মধ্য দিয়ে উপযুক্ত পরিমাণ অ্যাসিটোন বা ইথাইল অ্যালকোহল ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। সাধারণত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে আরম্ভ হয় এবং বিক্রিয়াটি এমন তাপ উদ্গারী যে ফ্লাস্কটি শীতল করার প্রয়োজন হতে পারে। সমস্ত অ্যাসিটোন বা ইথাইল অ্যালকোহল যোগ করার পর শীতকটির স্থান পরিবর্তন করিয়ে ফ্লাস্কের মুখে প্রায় 60° কোণে বাঁকানো কাচের নলের সাহায্যে শীতকটিকে যথাস্থানে লাগানো হয়। শীতকটির শেষ প্রান্তে



চিত্র 3C.1 : ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি।

একটি গ্রাহক পাত্র লাগানো হয় এবং গ্রাহক পাত্রে প্রায় 10 মি.লি. জল নেওয়া হয়। গোলতল ফ্লাস্কটিকে একটি ফুটন্ত জলগাহে রেখে উত্তপ্ত করা হয়। ক্লোরোফর্ম পাতিত হয়ে গ্রাহক পাত্রে জমা হয় (চিত্র : 3C.1)। লক্ষ্য রাখা হয় যেন ফ্লাস্কের তরল ফেনিয়ে উঠে গ্রাহক পাত্রে না চলে আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত তৈলাক্ত তরল পাতিত হয়ে আসে ততক্ষণ প্রক্রিয়াটি চালানো হয়। গ্রাহকপাত্রে জলের স্তরের নীচে ঘন তরল হিসাবে ক্লোরোফর্ম জমা হয়।

এই ক্লোরোফর্ম অবিশুদ্ধ। এতে অবিশুদ্ধি হিসাবে অ্যাসিটোন (বা ইথাইল অ্যালকোহল), জল, দ্রবীভূত ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে। বিয়োজী ফানেলের (separatory funnel) সাহায্যে গ্রাহকপাত্রের তলায় ক্লোরোফর্ম স্তর পৃথক করে নেওয়া হয় এবং প্রথমে 2% সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ এবং পরে জল দিয়ে ভালভাবে ধৌত করা হয়। এরপর প্রাপ্ত ক্লোরোফর্ম অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সাহায্যে শুষ্ক করা হয় এবং জলগাহের উপর

60°—62° সে. উষ্ণতায় পুনরায় পাতিত করে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম সংগ্রহ করা হয়। [ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতির বিক্রিয়া হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া নামে পরিচিত (পরে দেখ)]

(2) লৌহ চূর্ণ ও স্টীমের সাহায্যে কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের আংশিক বিজারণ দ্বারা ক্লোরোফর্ম উৎপাদন করা হয় :

$$2CCl_4 + 2Fe + 2H_2O \rightarrow 2CHCl_3 + FeCl_2 + Fe(OH)_2$$

(3) গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে ক্লোরালের পাতন দ্বারা অতি বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয় :

$$CCl_3CHO + NaOH = CHCl_3 + HCOONa$$

(4) ক্লোরিনের পরিমাণ নিয়ন্ত্রিত রেখে মিথেনের ক্লোরিনেশন বিক্রিয়ায় মুখ্য বিক্রিয়াজাত পদার্থরূপে ক্লোরোফর্ম উৎপাদন করা হয় :

$$CH_4 + 3Cl_2 = CHCl_3 + 3HCl$$

প্রশ্ন : 3C.1 পরীক্ষাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতির জন্য কি কি উপাদান প্রয়োজন ? কি শর্ত ব্যবহার করা হয় ?

3C.2 ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ক্লোরোফর্ম তিনটি ধাপে উৎপন্ন হয়। এই তিনটি ধাপ কি কি ? প্রতিটি ধাপের সমীকরণ লেখ।

3C.3 ইথানল, ব্লিচিং পাউডার ও জল থেকে যে ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায় তা প্রথমে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ ও পরে জল দিয়ে ধৌত করা হয় কেন ?

3C.4 অতি বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতির বিবরণ দাও। কি দিয়ে ক্লোরোফর্ম শুষ্ক করা হয় ?

3C.5 পরীক্ষাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতে গ্রাহকপাত্রে জল নিয়ে তার ভিতরে ক্লোরোফর্ম সংগ্রহ করা হয় কেন ? ক্লোরোফর্ম সনাক্তকরণের জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। (H.S. '87)

3C.6 শূন্যস্থান পূর্ণ কর : ক্লোরোফর্ম জলে অদ্রবণীয় কিন্তু···দ্রবণীয়। (H.S. '87)

3C.7 ক্লোরোফর্মের শিল্পোৎপাদনের দুটি পদ্ধতির সমীকরণ শর্তসহ উল্লেখ কর।

3C.2 ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reaction)

(1) ক্লোরোফর্ম মিষ্ট গন্ধযুক্ত ভারী (আপেক্ষিক গুরুত্ব=1·485) বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল পদার্থ, স্ফুটনাঙ্ক 61° সে.। জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে যায়। তরল ক্লোরোফর্ম সাধারণ অবস্থায় বায়ুতে অদাহ্য, কিন্তু ক্লোরোফর্মের বাষ্পে অগ্নি সংযোগ করলে সবুজ ধার-যুক্ত শিখায় জ্বলে। ক্লোরোফর্মের বাষ্প প্রশ্বাসের সঙ্গে গ্রহণ করলে চেতনা লোপ পায়।

(2) আলোক এবং বায়ুর উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্ম ধীরে ধীরে অতি বিষাক্ত পদার্থ কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজিনে জারিত হয়ে যায় (ক্লোরিন, CO_2 এবং জলও উৎপন্ন হয়)।

$$2CHCl_3 + O_2 \longrightarrow \underset{\text{কার্বনিল ক্লোরাইড}}{2COCl_2} + 2HCl$$

কার্বনিল ক্লোরাইডের উৎপত্তি রোধ করার জন্য ক্লোরোফর্ম লাল বা গাঢ় রং-এর বোতলে গলা পর্যন্ত পূর্ণ করে 1—2% ইথাইল অ্যালকোহল সহ বায়ু নিরুদ্ধ অবস্থায় রাখা হয়। ইথাইল অ্যালকোহল ক্লোরোফর্মের বিযোজন প্রতিরোধ করে বলে মনে করা হয়। চেতনানাশকরূপে ব্যবহৃত ক্লোরোফর্মে ফসজিনের অনুপস্থিতি একান্ত প্রয়োজন।

(3) অ্যালকোহলীয় দ্রবণে জিঙ্ক এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত হয়ে ক্লোরোফর্ম মিথিলিন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

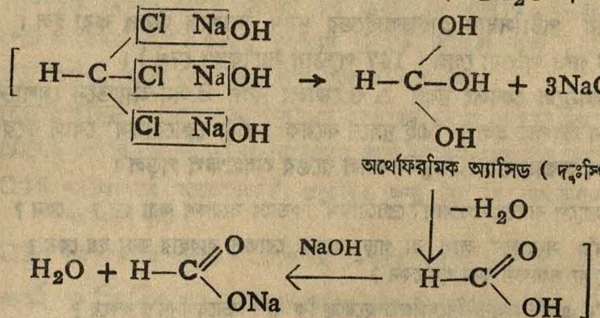
$$CHCl_3 + 2H = \underset{\text{মিথিলিন ক্লোরাইড}}{CH_2Cl_2} + HCl$$

উত্তপ্ত অবস্থায় জিঙ্ক-রজ এবং স্টীমের সাহায্যে বিজারণ দ্বারা ক্লোরোফর্ম মিথেনে পরিণত হয় :

$$CHCl_3 + 6H = CH_4 + 3HCl$$

(4) জলীয় বা অ্যালকোহলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (বা KOH) সহযোগে ফুটালে ক্লোরোফর্ম আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) ফরমেট উৎপন্ন করে (কিছু কার্বন মনোক্সাইডও উৎপন্ন হয়) ঃ

$$CHCl_3 + 4NaOH \rightarrow 3NaCl + 2H_2O + HCOONa$$



(5) ক্লোরোফর্মকে সিলভার গুঁড়া সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$2CHCl_3 + 6Ag = C_2H_2 + 6AgCl$$

(6) ক্লোরোফর্মের উপর গাঢ় HNO_3-এর ক্রিয়ায় ক্লোরোপিকরিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$CHCl_3 + HNO_3 \rightarrow \underset{\text{ক্লোরোপিকরিন বা, নাইট্রোক্লোরোফর্ম}}{CCl_3NO_2} + H_2O$$

ক্লোরোপিকরিন একটি ভারী শ্বাসরোধকারী তরল পদার্থ। এটি কীটনাশক হিসাবে এবং কাঁদানে গ্যাসে ব্যবহৃত হয়।

(7) **কার্বিল-অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড বিক্রিয়া ঃ** ক্লোরোফর্ম, কোন প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগ (অ্যালিফেটিক বা অ্যারোমেটিক) এবং অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড একযোগে উত্তপ্ত করলে অতি উৎকট গন্ধযুক্ত কার্বিল-অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড যৌগ (RNC যেখানে R = অ্যালকিল বা অ্যারিল মূলক) উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া **কার্বিল-অ্যামিন** বা **আইসোসায়ানাইড** বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

$$\underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + \underset{\text{প্রা. অ্যামিন}}{RNH_2} + 3KOH \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}} \underset{\text{আইসোসায়ানাইড যৌগ}}{RN \equiv C} + 3KCl + 3H_2O$$

[R = অ্যালকিল বা অ্যারিল]

কার্বিল-অ্যামিনের উৎকট গন্ধের দ্বারা এই বিক্রিয়ার সাহায্যে ক্লোরোফর্ম বা প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগ সনাক্ত করা যায়।

উদাহরণস্বরূপ, ক্লোরোফর্মকে অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যানিলিন সহযোগে উত্তপ্ত করলে অতি উৎকট গন্ধযুক্ত ফিনাইল কার্বিল-অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড (C_6H_5NC) উৎপন্ন হয়। এই পরীক্ষা ক্লোরোফর্ম বা অ্যানিলিনের সনাক্তকরণ পরীক্ষা হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

$$\underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3} + \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} + 3KOH \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}} \underset{\text{ফিনাইল আইসোসায়ানাইড}}{C_6H_5N \equiv C} + 3KCl + 3H_2O$$

ব্যবহার ঃ (1) চিকিৎসাশাস্ত্রে ক্লোরোফর্ম চেতনানাশক, sedative, এবং antiseptic রূপে ব্যবহৃত হয়। চেতনানাশকরূপে ক্লোরোফর্ম বিশেষ কার্যকরী হলেও, এর বিষাক্ততার (toxicity) জন্য চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহার প্রায় পরিত্যক্ত হয়েছে ; (2) চর্বি, রবার, মোম, আয়োডিন, অ্যালকালয়েড ইত্যাদি পদার্থের দ্রাবকরূপে ক্লোরোফর্ম ব্যবহৃত হয় ; (3) পচনশীল জৈব যৌগের সংরক্ষণে ক্লোরোফর্ম ব্যবহৃত হয়।

অভীক্ষণ : (1) একটি পরীক্ষানলে ক্লোরোফর্ম নিয়ে জল দিয়ে ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল। ক্লোরোফর্ম জলে দ্রবীভূত হল না—পরীক্ষানলে তরলের দুটি স্তর উৎপন্ন হল—নীচের স্তরটি ক্লোরোফর্মের।

(2) একটি পরীক্ষানলে কয়েক ফোঁটা ক্লোরোফর্মের সঙ্গে কয়েক ফোঁটা অ্যানিলিন ও 2—3 মিলি অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল। ফিনাইল আইসোসায়ানাইডের উৎকট গন্ধ পাওয়া গেল (147 পৃষ্ঠায় সমীকরণ দেখ)।

(3) একটি পরীক্ষানলে ফেলিং দ্রবণ A ও ফেলিং দ্রবণ B সম-আয়তনে মেশানো হল—একটি গাঢ় নীল রঙের দ্রবণ উৎপন্ন হল। এই দ্রবণে কয়েক ফোঁটা ক্লোরোফর্ম যোগ করে জলগাহে উত্তপ্ত করা হল। কিউপ্রাস অক্সাইডের (Cu_2O) লাল রঙের অধঃক্ষেপ পড়ল।

প্রশ্ন : 3C.8 চেতনানাশকরূপে ব্যবহারোপযোগী ক্লোরোফর্ম কিভাবে সংরক্ষণ করা হয়? কেন?

3C.9 ক্লোরোফর্মের সংরক্ষণে লাল বা গাঢ় রঙের বোতল ব্যবহার করা হয় কেন? বায়ুনিরুদ্ধ অবস্থাতেই বা সংরক্ষণ করা হয় কেন?

3C.10 ক্লোরোফর্মের একটি নমুনা বিযোজিত হয়েছে কি না কিভাবে নির্ণয় করবে?

3C.11 একটি পরীক্ষানলে কিছুটা ক্লোরোফর্ম নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল। এই পরীক্ষার পর্যবেক্ষণ থেকে ক্লোরোফর্মের জলে দ্রাব্যতা ও আপেক্ষিক গুরুত্ব সম্বন্ধে কি সিদ্ধান্ত করা যায়?

3C.12 আলোকের উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্মের উপর অক্সিজেনের ক্রিয়ায় যে বিষাক্ত পদার্থটি উৎপন্ন হয় তার সংকেত ও নাম লেখ।

3C.13 ক্লোরোফর্ম ব্যবহার করে কিভাবে প্রাইমারী অ্যামিন সনাক্ত করা হয়?

3C.14 কার্বিল-অ্যামিন বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল অংশ গ্রহণ করে না। তাহলে KOH-এর জলীয় দ্রবণ ব্যবহার না করে অ্যালকোহলীয় দ্রবণ ব্যবহার করা হয় কেন?

আয়োডোফর্ম, CHI_3

3C.3 প্রস্তুতি (Preparation)

হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ার সাহায্যে আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

(1) **ইথাইল অ্যালকোহল থেকে :** ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে আয়োডিন ও সোডিয়াম কার্বনেটের বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয় :

$$CH_3CH_2OH + 4I_2 + 3Na_2CO_3 = CHI_3 + HCOONa + 5NaI + 3CO_2 + 2H_2O$$

$$CH_3CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH = CHI_3 + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

[ইথানলের হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য।]

পদ্ধতি : একটি 100 মিলি কনিক্যাল ফ্লাস্কে 15 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট 50 মিলি. পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয় এবং এর মধ্যে 6·5 মিলি (5 গ্রাম) ইথাইল অ্যালকোহল যোগ করা হয়। দ্রবণের মধ্যে একটু একটু করে আয়োডিনের গুঁড়ো যোগ করে ফ্লাস্ক ঝাঁকিয়ে আয়োডিন দ্রবীভূত করে ফেলা হয়। এইভাবে 10 গ্রাম আয়োডিন যোগ করার পর যে গাঢ় বাদামী রঙের দ্রবণ পাওয়া যায় এই দ্রবণ জলগাহে 60°—80° সে. উষ্ণতায় 10 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। বাদামী দ্রবণ ফিকে হলুদ হয়ে যায় এবং আয়োডোফর্মের কিছু কেলাস পৃথক হয়ে আসে। মিশ্রণকে খুব ভালভাবে ঠাণ্ডা করা হয় এবং উৎপন্ন আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস ছেঁকে নেওয়া হয়। এই কেলাস শীতল জল দিয়ে ধুয়ে নিয়ে শুষ্ক করা হয় এবং আবার ইথাইল অ্যালকোহল থেকে কেলাসিত করলে বিশুদ্ধ আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়।

(2) **অ্যাসিটোন থেকে :** অ্যাসিটোনের সঙ্গে আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা যায় :

$$CH_3COCH_3 + 3I_2 + 4NaOH = CHI_3 + 3NaI + CH_3COONa + 3H_2O$$

পদ্ধতি ঃ একটি 500 মিলি বিকারে 3 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড 250 মিলি পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয় এবং এর মধ্যে 1 মিলি অ্যাসিটোন যোগ করে ভালভাবে মিশিয়ে নেওয়া হয়। তারপর একবারে একটু একটু করে আয়োডিনের গুঁড়ো যোগ করে দ্রবণ সর্বক্ষণ কাচদণ্ড দিয়ে নাড়তে নাড়তে 7 গ্রাম আয়োডিন দ্রবীভূত করে ফেলা হয়। উৎপন্ন বাদামী দ্রবণ সাধারণ উষ্ণতায় 15—20 মিনিট রেখে দেওয়া হয় এবং তারপর শীতল জলে খুব ভালভাবে ঠান্ডা করা হয়। উৎপন্ন আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস ছেঁকে শীতল জল দিয়ে ধুয়ে নেওয়া হয় এবং রেকটিফায়েড স্পিরিট থেকে কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

শিল্পোৎপাদন ঃ সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম আয়োডাইডযুক্ত ইথানল বা অ্যাসিটোনের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে আয়োডোফর্মের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

প্রশ্ন ঃ 3C.15 পরীক্ষাগারে আয়োডোফর্ম প্রস্তুতির জন্য কি কি রাসায়নিক দ্রব্য প্রয়োজন? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

3C.16 পরীক্ষাগারে প্রস্তুত আয়োডোফর্ম কিভাবে বিশুদ্ধ করবে?

3C.4. ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reaction)

(1) আয়োডোফর্ম ঈষৎ হলুদ রং-এর বৈশিষ্ট্যপূর্ণ তীব্র গন্ধযুক্ত কেলাসীয় কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 119° সে.। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু ইথানল বা ইথারে দ্রাব্য।

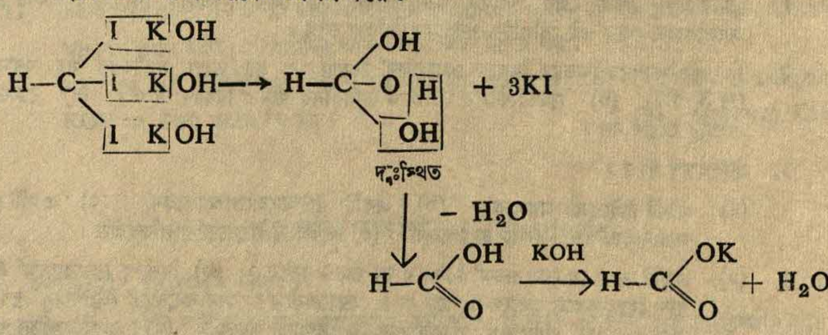
(2) আয়োডোফর্মের রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরোফর্মের মতই, তবে আয়োডোফর্মের সুস্থিতি ক্লোরোফর্মের থেকে কম।

(3) উত্তপ্ত করলে আয়োডোফর্ম বিযোজিত হয়ে আয়োডিন বাষ্প উৎপন্ন করে।

(4) ফসফরাস ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত হয়ে আয়োডোফর্ম মিথিলিন আয়োডাইড উৎপন্ন করে।

$$CHI_3 \xrightarrow{P/HI} CH_2I_2$$

(5) অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ ফুটালে আয়োডোফর্ম আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে পটাসিয়াম ফরমেট উৎপন্ন করে ঃ



$$[CHI_3 + 4KOH \rightarrow HCOOK + 3KI + 2H_2O]$$

(6) সিলভার গুঁড়ো সহ উত্তপ্ত করলে আয়োডোফর্ম অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে।

$$CH\boxed{I_3 + 6Ag + I_3}CH \rightarrow HC \equiv CH + 6AgI$$

(7) প্রাইমারী অ্যামিন (যেমন, অ্যানিলিন) ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাস সহ উত্তপ্ত করলে আয়োডোফর্ম দুর্গন্ধযুক্ত কার্বিল-অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন করে।

$$CHI_3 + C_6H_5NH_2 + 3KOH \xrightarrow{\text{অ্যালকোহল}} C_6H_5NC + 3KI + 3H_2O$$

ব্যবহার ঃ আয়োডোফর্ম অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

অভীক্ষণ ঃ (1) ঈষৎ হলুদ রঙের বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত কঠিন পদার্থ।

(2) অল্প পরিমাণ আয়োডোফর্ম কয়েক ফোঁটা অ্যানিলিন ও 2—3 মিলি অ্যালকোহলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে ফিনাইল আইসোসায়ানাইডের উৎকট গন্ধ পাওয়া যায়। (149 পৃষ্ঠায় সমীকরণ দেখ)।

প্রশ্ন ঃ 3C.17 তোমাকে তিনটি পদার্থ আয়োডোফর্ম, গ্লুকোজ ও চিনি দেওয়া হল। শুধু দেখেই কি বলতে পারবে কোন্‌টি আয়োডোফর্ম ?
ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্মের ভৌতাবস্থার তুলনা কর।

3C.18 ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম অণুর জ্যামিতিক আকৃতি একই ধরনের। বক্তব্যটি কি ঠিক ? দুটি রাসায়নিক বিক্রিয়া দেখাও যেখানে একই বিক্রিয়কের সঙ্গে ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম একই বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং একই জৈব পদার্থ উৎপন্ন করে।

● **সমস্যা (Problem) ঃ**

1. একটি হলুদ রঙের জৈব কঠিন পদার্থ (A)-কে সিলভারের গুঁড়ো সহ উত্তপ্ত করলে একটি গ্যাসীয় পদার্থ (B) উৎপন্ন হল। ক্যালসিয়াম কারবাইডের উপর জলের ক্রিয়াতেও এই গ্যাসীয় পদার্থটি (B) পাওয়া যায়। (A) ও (B)-কে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি লেখ।

সমাধান ঃ (i) ক্যালসিয়াম কারবাইডের উপর জলের ক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

সুতরাং (B) নামক গ্যাসীয় পদার্থটি **অ্যাসিটিলিন** ($H-C\equiv C-H$)।

(ii) হ্যালোফর্মকে সিলভার গুঁড়ো সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়। যেহেতু (A)-কে সিলভার গুঁড়ো সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায় এবং (A) একটি হলুদ রঙের কঠিন পদার্থ, সুতরাং (A) নামক পদার্থটি **আয়োডোফর্ম** (CHI_3)। একমাত্র আয়োডোফর্মই কঠিন হ্যালোফর্ম এবং এর রঙ হলুদ।

বিক্রিয়া ঃ $2CHI_3 + 6Ag \longrightarrow C_2H_2 + 6AgI$

অনুশীলনী

1. ক্লোরিনযুক্ত একটি জৈব তরলের গঠন ও সংকেত লেখ। একটি কিটোন ও একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল থেকে এই যৌগটির প্রস্তুতির বিক্রিয়া লেখ।

2. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম তৈয়ার করা হয় তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর। (H.S. '87) (b) ক্লোরোফর্মের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের বিবরণ দাও। (c) ক্লোরোফর্মের ব্যবহার উল্লেখ কর।

3. **উদাহরণ দাও ঃ**

(a) একটি ট্রাইক্লোরোঅ্যালকেন, (b) একটি ট্রাইআয়োডোঅ্যালকেন, (c) একটি আইসো-সায়ানাইড, (d) একটি হ্যালোফর্ম, (e) একটি ট্রাইক্লোরোঅ্যালডিহাইড।

4. (a) একটি তরল যে ক্লোরোফর্ম কিভাবে তা সনাক্ত করবে ? (b) বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্মে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে অধঃক্ষেপ পড়ে না। ক্লোরোফর্মের কোন নমুনাতে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করাতে সাদা অধঃক্ষেপ পড়লে তুমি কি সিদ্ধান্ত করবে ? (c) একটি কঠিন পদার্থ যে আয়োডোফর্ম তা কিভাবে সনাক্ত করবে ?

5. আয়োডিনযুক্ত একটি জৈব কঠিনের গঠন ও নাম লেখ। অ্যাসিটোন ও ইথাইল অ্যালকোহল থেকে এই যৌগটির প্রস্তুতির বিক্রিয়া দেখাও।

6. (a) পরীক্ষাগারে আয়োডোফর্ম কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ?
(b) আয়োডোফর্মের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের বিবরণ দাও।
(c) আয়োডোফর্মের ব্যবহার উল্লেখ কর।

7. **কি ঘটে, সমীকরণ সহ লেখ ঃ**

(a) ব্লিচিং পাউডারের জলীয় লেই সহ ইথাইল অ্যালকোহল পাতিত করা হল ;
(b) ব্লিচিং পাউডারের জলীয় লেই সহ অ্যাসিটোন পাতিত করা হল ;

(c) আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণসহ অ্যাসিটোন উত্তপ্ত করা হল ;
(d) আয়োডিন ও সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণসহ ইথাইল অ্যালকোহল উত্তপ্ত করা হল ;
(e) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণসহ ক্লোরাল পাতিত করা হল ;
(f) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণসহ ক্লোরোফর্ম ফুটানো হল ;
(g) ক্লোরোফর্ম, অ্যানিলিন ও অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হল ;
(h) অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ ক্লোরোফর্ম ফুটানো হল ।

8. **A থেকে F সনাক্ত কর :**

(a) $CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{জল, উত্তাপ}]{\text{ব্লিচিং পাউডার/}} A \xrightarrow[\text{KOH/}C_2H_5OH\text{, উত্তাপ}]{C_6H_5NH_2,} B$

(b) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[\text{জল, উত্তাপ}]{\text{ব্লিচিং পাউডার/}} C \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{NaOH/C_2H_5OH} D$

(c) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{I_2/NaOH} E \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Ag গুঁড়ো}} F$

9. **কিভাবে রূপান্তরিত করবে ?**

(a) $C_2H_5OH \longrightarrow CHCl_3$ (b) $CH_3COCH_3 \longrightarrow CH\equiv CH$
(c) $CH\equiv CH \longrightarrow CHI_3$ (d) $CH_3CH_2OH \longrightarrow HCOOH$
(e) $CH_3COCH_3 \longrightarrow HCOOH$ (f) $CH_3CH_2OH \longrightarrow CH\equiv CH$
(g) $CHCl_3 \longrightarrow CH\equiv CH$ (h) $CHCl_3 \longrightarrow HCOOH$
(i) $CH_3COCH_3 \longrightarrow CH_3COOH$ (j) $CH_2=CH_2 \longrightarrow CHCl_3$

10. **টীকা লেখ :**
আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল-অ্যামিন বিক্রিয়া ।

11. একটি জৈব যৌগে 10·04% কার্বন, 0·84% হাইড্রোজেন এবং 89·12% ক্লোরিন আছে । যৌগটির আণবিক ওজন 120 । যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর ।
যৌগটিকে (i) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণসহ ফুটালে ও (ii) অ্যানিলিন ও অ্যালকোহলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে কি হয় ? [উঃ ক্লোরোফর্ম, $CHCl_3$]

3D. অ্যালকোহলসমূহ (Alcohols)

3D. 1 সূচনা (Introduction)

অ্যালকেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর হাইড্রক্সি (OH) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে মুক্তশৃংখল সম্পৃক্ত মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় বলে ধরা হয় । এদের সাধারণ সংকেত হল $C_nH_{2n+2}O$ বা $C_nH_{2n+1}OH$ বা ROH (R = অ্যালকিল গ্রুপ) । অ্যালকোহলসমূহের শ্রেণীবিভাগ (পৃঃ 41) ও **নামকরণ** (পৃঃ 55-56, 60-61) আগেই আলোচনা করা হয়েছে । এখানে প্রধানত মুক্তশৃংখল সম্পৃক্ত মনোহাইড্রিক প্রাইমারী অ্যালকোহল আলোচিত হল ।

মুক্তশৃংখল সম্পৃক্ত মনোহাইড্রিক প্রাইমারী অ্যালকোহল	**সাধারণ সংকেত :** $C_nH_{2n+1}OH$ বা RCH_2OH (R = H বা অ্যালকিল মূলক) **উদাহরণ :** CH_3OH মিথানল CH_3CH_2OH ইথানল

3D. 2 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (General Methods of Preparation)

(1) **অ্যালকিল হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা** (By the hydrolysis of alkyl halides) অ্যালকিল হ্যালাইডকে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ সহযোগে ফুটালে অ্যালকিল হ্যালাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ

$$RX + KOH \rightarrow ROH + KX \qquad [X = Cl, Br, I]$$

$$CH_3CH_2Br + NaOH \rightarrow CH_3CH_2OH + NaBr$$

অ্যালকিল হ্যালাইডের গঠন অনুযায়ী (বিশেষত টার্সিয়ারী অ্যালকিল হ্যালাইডের ক্ষেত্রে) কম-বেশী পরিমাণে পার্শ্বজাত হিসাবে অ্যালকিনও উৎপন্ন হয়। সাধারণত **অ্যালকোহলীয়** NaOH বা KOH বিকারক হিসাবে ব্যবহার করলে **অ্যালকিন** এবং **জলীয়** NaOH বা KOH বিকারক হিসাবে ব্যবহার করলে **অ্যালকোহল** মুখ্য বিক্রিয়াজাত হিসাবে উৎপন্ন হয়।

অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে জলে প্রলম্বিত সিলভার অক্সাইডের বিক্রিয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় (এই বিক্রিয়ায় অ্যালকিন উৎপন্ন হয় না) ঃ

$$CH_3CH_2I + \text{'AgOH'} \rightarrow CH_3CH_2OH + AgI$$

[**মৌল থেকে অ্যালকোহল সংশ্লেষণ ঃ**

$$2C + H_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎ-আর্ক}} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{HC \equiv CH} \xrightarrow[100^\circ\text{সে.}]{H_2,\ Pt} \underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2}$$

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} \xrightarrow{HI} \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{CH_3CH_2I} \xrightarrow[KOH]{\text{জলীয়}} [\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH}$$

প্রশ্ন ঃ 3D.1 কি বিকারক ব্যবহার করবে ?

(i) অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে,

(ii) অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে অ্যালকিন প্রস্তুতিতে।

3D.2 A, B, C, D পদার্থগুলির নাম ও গঠন লেখ।

(i) $CH_3CH_2Br \xrightarrow[KOH]{\text{অ্যালকোহলীয়}} A$ (প্রধান উৎপাদিত পদার্থ)

(ii) $CH_3CH_2Br \xrightarrow[KOH]{\text{জলীয়}} B$ (প্রধান উৎপাদিত পদার্থ)

(iii) $CH_2 = CH_2 \xrightarrow{HI} C \xrightarrow[KOH]{\text{জলীয়}} D$

3D.3 কার্বন ও হাইড্রোজেন থেকে শুরু করে কিভাবে C_2H_5OH সংশ্লেষণ করা যায় ?

(2) **এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ** (Hydrolysis of Esters) ঃ ক্ষার সহযোগে এস্টারকে ফোটালে এস্টার আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{এস্টার}}{RCOOR'} + NaOH \rightarrow \underset{\text{কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের লবণ}}{RCOONa} + \underset{\text{অ্যালকোহল}}{R'OH}$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + NaOH \rightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH}$$

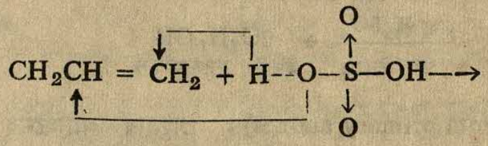
অনেক অ্যালকোহল প্রকৃতিতে এস্টার হিসাবে পাওয়া যায়। এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা এই অ্যালকোহলগুলিকে প্রস্তুত করা হয়।

(3) **অ্যালকিনের জল-যোজন দ্বারা (By the hydration of alkenes) ঃ** অ্যালকিনের সঙ্গে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণ সাবধানে জল দিয়ে লঘু করে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিনের সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2HSO_4}$$

$$\underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2HSO_4} + H_2O \rightarrow \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + H_2SO_4$$

[এই পদ্ধতিতে মিথানল প্রস্তুতি সম্ভব নয় এবং প্রাইমারী অ্যালকোহল একমাত্র ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা সম্ভব। অন্যান্য ক্ষেত্রে, অর্থাৎ প্রপিলিন বা উচ্চতর অ্যালকিনের জল-যোজন দ্বারা সেকেন্ডারী বা টারসিয়ারী অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় (কারণ H_2SO_4-এর ঋণাত্মক অংশ বাইসালফেট সর্বদা কম সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়—অর্থাৎ, মারকনিকফ-এর নিয়ম অনুযায়ী সংযুক্তি ঘটে। যেমন, প্রপিনের ক্ষেত্রে ঃ



$$\overset{\displaystyle OSO_3H}{\overset{|}{CH_3—CH—CH_3}} \xrightarrow{H_2O} \overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{CH_3—CH—CH_3}} + H_2SO_4 \text{]}$$

প্রশ্ন ঃ **3D.4** অ্যালকিন থেকে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকোহল প্রস্তুতির দুটি সমীকরণ দাও।

3D.5 জল-যোজন পদ্ধতিতে 1-বিউটিন ও 2-বিউটিন থেকে একই অ্যালকোহল কি ভাবে পাওয়া যায় সমীকরণ সহযোগে দেখাও।

3D.6 1-প্রপানলকে কি ভাবে 2-প্রপানলে রূপান্তরিত করবে ?

3D.7 (a) অ্যালকিনের জল-যোজন পদ্ধতিতে কি যে কোন প্রাইমারী অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় ?

(b) অ্যালকিনের জল-যোজন পদ্ধতিতে মিথানল প্রস্তুত করা যায় না কেন ?

3D.8 মিথাইল অ্যাসিটেটের গঠন লেখ। এর আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য কি বিকারক ব্যবহার করবে ? আর্দ্র-বিশ্লেষণে কোন্ অ্যালকোহল পাওয়া যাবে ?

(4) (i) **অ্যালডিহাইডের বিজারণ দ্বারা (By the reduction of aldehydes) ঃ** অ্যালডিহাইডের বিজারণ দ্বারা সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

বিজারক দ্রব্য হিসাবে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$), অনুঘটকের (Ni, pt বা pd) উপস্থিতিতে H_2, Na/Hg, Na/ইথানল, Fe, Sn বা Zn/CH_3COOH ব্যবহৃত হতে পারে।

$$\underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow[\text{দ্রব্য}]{\text{বিজারক}} \underset{1^\circ \text{ অ্যালকোহল}}{RCH_2OH} \qquad \text{উদাঃ } \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow[\text{দ্রব্য}]{\text{বিজারক}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH}$$

অনুরূপভাবে, **কিটোনের বিজারণ দ্বারা** 2° অ্যালকোহল পাওয়া যায়—এক্ষেত্রেও উপরের বিজারক দ্রব্যগুলিই ব্যবহার করা যায় ঃ

$$RCOR \xrightarrow{\text{বিজারক দ্রব্য}} RCHOHR$$

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{\text{বিজারক দ্রব্য}} CH_3CHOHCH_3$$

(ii) **এস্টারের বিজারণ দ্বারা (By the reduction of esters) ঃ**

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OR' \xrightarrow{\text{বিজারক দ্রব্য}} RCH_2OH + R'OH$$

এস্টার → অ্যালকোহল + অ্যালকোহল

$$CH_3COOCH_2CH_3 \xrightarrow{\text{বিজারক দ্রব্য}} CH_3CH_2OH + CH_3CH_2OH$$

ইথাইল অ্যাসিটেট

বিজারক দ্রব্য $= LiAlH_4$, Na/ইথানল H_2/অনুঘটক, Zn বা Sn/HCl

(iii) **লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড দিয়ে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিজারণ দ্বারাও অ্যালকোহল পাওয়া যায় ঃ**

$$CH_3COOH \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3CH_2OH$$

(5) **ইথার থেকে (From ether) ঃ** চাপের প্রভাবে ইথারকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করলে ইথার আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5O\overline{C_2H_5 + HO}H \xrightarrow[\text{চাপ, উত্তাপ}]{\text{লঘু } H_2SO_4} 2C_2H_5OH$$

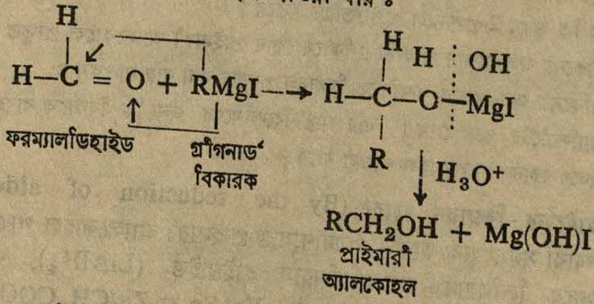
ডাই ইথাইল ইথার → ইথাইল অ্যালকোহল

(6) **প্রাইমারী অ্যামিন থেকে (From primary amines) ঃ** প্রাইমারী অ্যামিনের উপর নাইট্রাস অ্যাসিডের ক্রিয়ায় অ্যালকোহল পাওয়া যায় ঃ

$$R-NH_2 + HONO \longrightarrow ROH + N_2 + H_2O$$

[$NaNO_2$ ও HCl-এর বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া মাধ্যমে HNO_2 প্রস্তুত করে নেওয়া হয়]।

(7) **গ্রীগনার্ড বিকারকের সাহায্যে (By the help of Grignard reagent) ঃ** ফরম্যালডিহাইড ও গ্রীগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম জটিলকে অ্যাসিড দ্বারা বিযোজিত করে প্রাইমারী অ্যালকোহল পাওয়া যায় ঃ



(8) **কার্বহাইড্রেটের সন্ধান প্রক্রিয়া দ্বারা (By the fermentation of carbohydrates) ঃ** পরে ইথাইল অ্যালকোহলের ক্ষেত্রে আলোচনা করা হল।

প্রশ্ন ঃ 3D.9 অ্যালডিহাইড, এস্টার ও ইথার থেকে অ্যালকোহল প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ দাও।

3D.10 নীচের সমীকরণগুলিতে বিকারকের (A ,B, C) নাম লেখ।

(i) $CH_3CHO \xrightarrow{A} CH_3CH_2OH$

(ii) $C_2H_5OC_2H_5 \xrightarrow{B} C_2H_5OH$

(iii) $RNH_2 \xrightarrow{C} ROH$

3D.3 ভৌত ধর্ম (Physical Properties)

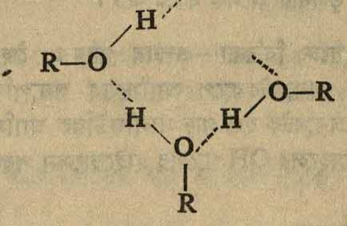
সাধারণ উষ্ণতায় অ্যালকোহল শ্রেণীর নিম্নতর সদস্যগুলি বিশিষ্ট গন্ধ এবং জ্বালাকারী স্বাদযুক্ত, বর্ণহীন, উদ্বায়ী, প্রশম তরল পদার্থ। বারোর বেশী সংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকোহলগুলি প্রায় গন্ধহীন মোমের মত নরম কঠিন পদার্থ।

প্রায় সমান আণবিক ওজনযুক্ত অ্যালকেন থেকে অ্যালকোহলগুলির স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশী [নীচের তালিকা (তালিকা 3D.1) দেখ]।

তালিকা 3D.1 ঃ প্রায় সমান আণবিক ওজনযুক্ত অ্যালকেন ও অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক

অ্যালকেন	আণবিক ওজন	স্ফুটনাঙ্ক (°সে.)	অ্যালকোহল	আণবিক ওজন	স্ফুটনাঙ্ক (°সে.)
ইথেন	30	—89	মিথানল	32	64
প্রপেন	44	—42	ইথানল	46	78
বিউটেন	58	—0·5	1-প্রপানল	60	98

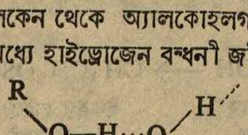
এর কারণ হল তরল অবস্থায় অ্যালকোহল অণুগুলি আন্তর-আণবিক (inter-molecular) হাইড্রোজেন বন্ধনীতে আবদ্ধ থাকে ঃ



চিত্র 3D.1 ঃ অ্যালকোহলে আন্তর-আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী।
হাইড্রোজেন বন্ধনী ডটযুক্ত লাইন দিয়ে দেখানো হয়েছে।

অণুগুলির মধ্যে সাধারণ আকর্ষণী শক্তির (1-2 কিলো জুল/মোল) তুলনায় হাইড্রোজেন বন্ধনী (20 কিলো জুল/মোল) অনেক শক্তিশালী। আকর্ষণী শক্তির এই পার্থক্যের জন্য অ্যালকোহল অণুগুলিকে পৃথক করতে অ্যালকেন অণুগুলির তুলনায় উচ্চতর উষ্ণতার প্রয়োজন হয়।

ক্ষুদ্রতর অ্যালকোহলগুলি জলে দ্রবণীয়, কিন্তু কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে জলে দ্রাব্যতা কমতে থাকে। মিথানল, ইথানল ও 1-প্রপানল জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। প্রায় সমান আণবিক ওজনযুক্ত অ্যালকেন থেকে অ্যালকোহলগুলির জলে বেশী দ্রাব্যতার কারণ হল অ্যালকোহল ও জলের অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনী জনিত আকর্ষণী শক্তি ঃ



প্রশ্ন ঃ 3D.11 বিউটেন (আণবিক ওজন 58) ও 1-প্রপানলের (আণবিক ওজন 60) আণবিক ওজন প্রায় কাছাকাছি হলেও এদের স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে অনেক তফাত (যথাক্রমে—0·5° ও 98°সে.) কেন ?

3D.12 প্রায় সমান আণবিক ওজনের অ্যালকেন ও অ্যালকোহলের মধ্যে জলে দ্রাব্যতা কার বেশী ? কেন ?

3D.4 সাধারণ রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (General Chemical properties and reactions)

কার্যকরী গ্রুপ OH-এর উপস্থিতির জন্য অ্যালকোহলসমূহের মূলগত রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকারের হয়। অ্যালকোহলের OH গ্রুপের বিক্রিয়ায় OH গ্রুপের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হতে পারে বা OH গ্রুপটিই প্রতিস্থাপিত হতে পারে।

(1) **উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক ধাতু যেমন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলের OH গ্রুপের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। উৎপন্ন হয় সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যালকোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$\underset{\text{অ্যালকোহল}}{2ROH} + 2M \longrightarrow \underset{\text{ধাতব অ্যালকোক্সাইড}}{2ROM} + H_2 \quad [M = Na, K]$$

$$\underset{\text{ইথানল}}{2CH_3CH_2OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ইথোক্সাইড}}{2CH_3CH_2ONa} + H_2$$

এই বিক্রিয়া অ্যালকোহলের আম্লিক ধর্ম সূচিত করে। অ্যালকোহলের OH গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়, অন্য হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি এই বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না।

ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ধাতুও অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকোক্সাইড গঠন করে। এই বিক্রিয়াগুলি ক্ষার ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ার তুলনায় অনেক ধীরে ঘটে।

(2) **জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া—এস্টার গঠন : জৈব অ্যাসিডের** সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার গঠিত হয়। অনুঘটকরূপে অ্যাসিডের অনুপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি খুব ধীর গতিতে ঘটে। উপযুক্ত অ্যাসিড অনুঘটক হল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড। এই বিক্রিয়ায় সাধারণত অ্যালকোহলের OH গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়।

$$\underset{\text{জৈব অ্যাসিড}}{RCO\boxed{OH + H}} \underset{\text{অ্যালকোহল}}{OR'} \underset{}{\overset{\text{গাঢ় } H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{এস্টার}}{RCOOR'} + H_2O$$

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3CO\boxed{OH + H}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{O\,C_2H_5} \overset{\text{গাঢ় } H_2SO_4}{\rightleftharpoons} \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতেও অ্যালকোহল অজৈব অ্যাসিডের এস্টার উৎপন্ন করতে পারে। যেমন,

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{HOSO_2OH} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2OSO_2OH} + H_2O$$

(3) **অ্যাসিটাইলেশন বিক্রিয়া** (Acetylation Reaction) **:** কোন যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণুর অ্যাসিটাইল (CH_3CO) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপনের বিক্রিয়াকে অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া বলে। অ্যালকোহলের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলের OH গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যাসিটাইল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। উৎপন্ন হয় অ্যালকোহলের অ্যাসিটাইল জাতক (**Acetyl derivative**)।

$$CH_3CO|Cl + H|OR \longrightarrow CH_3COOR + HCl$$

অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড — অ্যালকোহল — অ্যালকিল অ্যাসিটেট (অ্যাসিটাইল জাতক—এস্টার)

$$\begin{array}{l} CH_3-CO \\ \quad\quad\quad\;\; \rangle O \\ CH_3-CO \end{array} + H|OR \longrightarrow CH_3COOR + CH_3COOH$$

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড — অ্যালকোহল — অ্যালকিল অ্যাসিটেট — অ্যাসিটিক অ্যাসিড

জৈব যৌগে OH গ্রুপের অস্তিত্ব নির্ণয়ের জন্য এই বিক্রিয়া ব্যবহার করা যায়।

(4) **ফসফরাস হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া:** ফসফরাস হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলের OH গ্রুপ হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং অ্যালকিল হ্যালাইড গঠিত হয়।

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড গঠিত হয় এবং সঙ্গে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি সাধারণ তাপমাত্রায় ঘটে।

$$ROH + PCl_5 \longrightarrow RCl + POCl_3 + HCl$$

অ্যালকোহল — অ্যালকিল হ্যালাইড — ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড

OH গ্রুপযুক্ত জৈব যৌগের সঙ্গে PCl_5-এর বিক্রিয়ায় প্রতিটি OH গ্রুপের জন্য এক অণু HCl নির্গত হয়। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে জৈব যৌগে OH গ্রুপের উপস্থিতি ও সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{l} HO|R \quad Cl| \\ HO|R \quad Cl|-P \\ HO|R \quad Cl| \end{array} \longrightarrow 3RCl + \begin{array}{c} OH \\ P-OH \\ OH \end{array} (H_3PO_3)$$

অ্যালকোহল — অ্যালকিল হ্যালাইড — ফসফরাস অ্যাসিড

অনুরূপভাবে **ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইড ও ফসফরাস ট্রাইআয়োডাইডের** সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে অ্যালকিল ব্রোমাইড ও অ্যালকিল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া দুটি যথাক্রমে লাল ফসফরাস ও ব্রোমিন বা আয়োডিন যোগ করে ঘটানো হয়। বিক্রিয়াকালে ফসফরাস ও হ্যালোজেনের বিক্রিয়ায় ফসফরাস ট্রাই হ্যালাইড গঠিত হয়।

$$2P + 3X_2 = 2PX_3$$

$$3ROH + PX_3 \longrightarrow 3RX + H_3PO_3 \quad [X = Br \text{ বা } I]$$

(5) **হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া:** অ্যালকোহলের সঙ্গে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড গঠিত হয়। এই বিক্রিয়াতেও অ্যালকোহলের OH গ্রুপ হ্যালোজেন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

$ROH + HCl \longrightarrow RCl + H_2O$ [এই বিক্রিয়াতে $ZnCl_2$ অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়]

$ROH + HBr \longrightarrow RBr + H_2O$

$ROH + HI \longrightarrow RI + H_2O$

(6) **গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া :** এই বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলের OH গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় এবং গ্রীগনার্ড বিকারকের অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন করে :

$$RO|\overline{H + CH_3}|MgI \longrightarrow ROMgI + CH_4$$

(7) **জারণ (Oxidation) :** উপযুক্ত জারক-দ্রব্য দ্বারা অ্যালকোহল জারিত হয়ে যায়। দ্রবণে অ্যালকোহলের জারণের জন্য অ্যাসিডযুক্ত ডাইক্রোমেট ($Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ বা $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$), আম্লিক বা ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড সাধারণত ব্যবহার করা হয়।

(i) প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম ধাপে **সমসংখ্যক** কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালডিহাইড ও পরবর্তী ধাপে **সমসংখ্যক** কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\underset{1^\circ \text{ অ্যালকোহল}}{RCH_2OH} \xrightarrow[\text{জারণ}]{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow[\text{জারণ}]{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{\text{কার্বক্সিলিক অ্যাসিড}}{RCOOH}$$

[**লক্ষ্য কর :** 1° অ্যালকোহল ও জারণের ফলে উৎপন্ন অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে একই সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান। এই বিক্রিয়া থেকে 1° অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের পারস্পরিক সম্পর্কও বোঝা যায়।]

উপযুক্ত পদ্ধতি ব্যবহার করে এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। ইথাইল অ্যালকোহলকে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে পরীক্ষাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় (পরে এই প্রস্তুতি দুটি দ্রষ্টব্য।)

জারণের ফলে প্রথম ধাপে 1° অ্যালকোহলের CH_2OH গ্রুপ CHO-তে এবং পরবর্তী ধাপে CHO গ্রুপ COOH গ্রুপে পরিবর্তিত হয় :

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3\boxed{CH_2OH}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3\boxed{CHO}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3\boxed{COOH}}$$

$$\underset{\text{1-প্রপানল}}{CH_3CH_2\boxed{CH_2OH}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{প্রপান্যাল}}{CH_3CH_2\boxed{CHO}} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{প্রপানোয়িক অ্যাসিড}}{CH_3CH_2\boxed{COOH}}$$

(ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম ধাপে **সমসংখ্যক** কার্বন পরমাণুযুক্ত কিটোন এবং পরবর্তী ধাপে **কমসংখ্যক** কার্বন পরমাণু যুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{2-প্রপানল}}{CH_3CHOHCH_3} \xrightarrow[\text{জারণ}]{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3}$$

$$\Big\downarrow \; Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4 \text{ (জারণ)}$$

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

[**লক্ষ্য কর :** 2-প্রপানল ও অ্যাসিটোনে একই সংখ্যক কার্বন পরমাণু (3টি) আছে (2° অ্যালকোহলের CHOH গ্রুপ CO গ্রুপে পরিবর্তিত হয়েছে)। দ্বিতীয় ধাপে উৎপন্ন

অ্যাসিটিক অ্যাসিডে (2টি কার্বন পরমাণু) 2-প্রপানল ও অ্যাসিটোন উভয়ের থেকেই কমসংখ্যক কার্বন পরমাণু আছে।]

(iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল আম্লিক মাধ্যমে জারক দ্রব্য দ্বারা জারিত হয়ে কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উভয়েরই কার্বন-সংখ্যা অ্যালকোহলটির কার্বন-সংখ্যা থেকে কম হয়।

$$\underset{\text{টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল}}{(CH_3)_3COH} \xrightarrow[\text{জারণ}]{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3} + \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

জারণ বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রাইমারী, সেকেন্ডারী ও টারসিয়ারী অ্যালকোহলের মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

(8) **নিরুদন (Dehydration) :** উপযুক্ত নিরুদকের সাহায্যে অ্যালকোহল নিরুদিত হতে পারে। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালকোহলের পরিমাণ ও উষ্ণতার উপর নির্ভর করে ইথিলিন বা ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow[170^\circ]{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \text{ (অতিরিক্ত)}} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + H_2O$$

$$[CH_3CH_2OH + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3-CH_2-O-SO_2-OH} + H_2O$$

$$CH_3CH_2-O-SO_2-OH \xrightarrow{170^\circ} CH_2 = CH_2 + H_2SO_4]$$

$$\underset{\text{ইথানল (অতিরিক্ত)}}{2CH_3CH_2OH} \xrightarrow[140^\circ]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{ডাই-ইথাইল ইথার}}{CH_3CH_2-O-CH_2-CH_3} + H_2O$$

$$[CH_3-CH_2-O-SO_2-OH + C_2H_5OH$$
$$\longrightarrow CH_3CH_2-O-CH_2CH_3 + H_2SO_4]$$

(OH-এর সঙ্গে যুক্ত C-পরমাণুর পাশের কার্বন পরমাণুতে অন্ততপক্ষে 1টি H-পরমাণু যুক্ত 1°, 2° বা 3° অ্যালকোহল H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করলে নিরুদিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে :

$$H-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-OH \xrightarrow{H_2SO_4} \rangle C = C \langle + H_2O)$$

অ্যালকোহল বাষ্প 300° সে. উষ্ণতায় অ্যালুমিনার (Al_2O_3) উপর দিয়ে চালনা করলে নিরুদিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে। 1°, 2° ও 3° তিন ধরনের অ্যালকোহলকেই এইভাবে নিরুদিত করা যায়।

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[300^\circ\text{সে.}]{Al_2O_3 \text{ (অনুঘটক)}} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

(9) **অনুঘটক জনিত ডিহাইড্রোজেনেসন (Catalytic Dehydrogenation) :** অ্যালকোহল বাষ্পকে 300° সে. উষ্ণতায় কপার অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে প্রাইমারী ও

সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল ডিহাইড্রোজেনেসনের ফলে যথাক্রমে অ্যালডিহাইড ও কিটোন উৎপন্ন করে, কিন্তু টারসিয়ারী অ্যালকোহল নিরুদিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে ঃ

(i) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{Cu, 300°সে.}} CH_3CHO + H_2$

ইথানল ইথান্যাল

(ii) $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{\text{Cu, 300°সে.}} CH_3COCH_3 + H_2$

2-প্রপানল প্রপানোন

(iii) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}}-OH \xrightarrow{\text{Cu, 300°সে.}} CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{C}=CH_2 + H_2O$

টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল 2-মিথাইলপ্রপিন

প্রশ্ন ঃ 3D.13 অ্যালকোহলগুলির মূলগত রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকারের হয় কেন ?

3D.14 অ্যালকোহলের সঙ্গে Na-এর বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন নির্গত হয় অ্যালকোহলের কোন্ অংশ থেকে এই হাইড্রোজেন আসে ?

3D.15 হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে Na-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয় না, কিন্তু অ্যালকোহলের সঙ্গে Na-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয় কেন ?

3D.16 অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় কি এস্টার উৎপন্ন হতে পারে ?

3D.17 অ্যালকোহলের হাইড্রোজেন পরমাণু জৈব গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এমন দুটি বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও ।

3D.18 HCl নির্গত হয় অ্যালকোহলের এমন দুটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর ।

3D.19 PCl_5-এর সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় PCl_5-এর কয়টি ক্লোরিন পরমাণু অ্যালকিল হ্যালাইড গঠন করে ? PCl_3-এর কয়টি পরমাণু অনুরূপ বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড গঠন করে ?

3D.20 ইথাইল অ্যালকোহলের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু যে অন্য হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি থেকে অনেক পৃথক কিভাবে তা দেখাবে ?

3D.21 অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক কি ? একটিকে কিভাবে অপরটিতে পরিবর্তিত করা যায় ?

3D.22 জারণ বিক্রিয়া দিয়ে প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী ও টারসিয়ারী অ্যালকোহলের মধ্যে কিভাবে পার্থক্য করা যায় ?

3D.23 1-বিউটিন ও 2-বিউটিনের জল-যোজনের ফলে একই অ্যালকোহল পাওয়া যায় । কিন্তু 1-বিউটানল ও 2-বিউটানলের নিরুদনের ফলে কি একই অ্যালকিন পাওয়া যায় ?

3D.24 অ্যালকোহলের নিরুদনের দুটি পদ্ধতি উল্লেখ কর ।

3D.25 A, B, C, D, E-এর সঙ্কেত ও নাম লেখ ঃ

(i) $CH_2=CH_2 \xrightarrow{HBr} A \xrightarrow[\text{KOH}]{\text{জলীয়}} B \xrightarrow{PCl_5} C$

(ii) $ROH \xrightarrow{CH_3COCl} D + E$

মিথাইল অ্যালকোহল বা মিথানল
CH_3OH

1661 সালে রবার্ট বয়েল কাঠের অন্তর্ধূম পাতনজাত পদার্থ থেকে প্রথম মিথাইল অ্যালকোহল নিষ্কাশন করেন। এইভাবে পাওয়া যায় বলে এই অ্যালকোহল উড-স্পিরিট বা উডন্যাপথা নামেও পরিচিত। প্রকৃতিতে অনেক সময় এস্টার হিসাবে, যেমন উইন্টারগ্রীন তেলে (Oil of winter green) মিথাইল স্যালিসাইলেট হিসাবে মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

3D.5 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) মিথাইল ক্লোরাইডের জল ও চুন সহযোগে আর্দ্র-বিশ্লেষণের দ্বারা পরীক্ষাগারে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়ঃ

$$2CH_3Cl + Ca(OH)_2 \xrightarrow{H_2O} 2CH_3OH + CaCl_2$$

প্রস্তুতির উপযুক্ত সাধারণ পদ্ধতি প্রয়োগ করে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়। যেমনঃ

(2) $$\underset{\text{মিথাইল অ্যামিন}}{CH_3NH_2} \xrightarrow[\text{[HNO}_2\text{]}]{NaNO_2/HCl} CH_3OH$$

কিন্তু এই সব পদ্ধতিতে মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয় না। মিথাইল অ্যালকোহল নিম্নে বর্ণিত পদ্ধতিগুলির সাহায্যে উৎপাদন করা হয়।

মিথাইল অ্যালকোহলের উৎপাদন ঃ

1. কাঠ থেকে (From wood) ঃ এটি একটি প্রাচীন পদ্ধতি। অর্থনৈতিক দিক থেকে অ-লাভজনক বলে এই পদ্ধতি পরিত্যক্ত হয়েছে। বিভিন্ন জৈব যৌগের মিশ্রণ থেকে জৈব যৌগগুলিকে কিভাবে পৃথক করা যায় এই পদ্ধতিতে তা প্রয়োগ করা হয়েছে।

প্রায় 400°সে. উষ্ণতায় বায়ুনিরুদ্ধ পাত্রে শুষ্ক কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে **(i) উড-গ্যাস, ii) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড, (iii) উড-আলকাতরা ও (iv) কাঠ কয়লা পাওয়া যায়।** পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড (Pyroligneous Acid) লাল বাদামী রঙের আম্লিক জলীয় পাতিতাংশ। এতে প্রায় 5% মিথাইল অ্যালকোহল, 5—10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড, 0·5% অ্যাসিটোন, এবং সামান্য পরিমাণে অন্যান্য জৈব যৌগ থাকে।

পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে মিথাইল অ্যালকোহল উদ্ধার ঃ

পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড একটি তামার পাত্রে নিয়ে পাতিত করা হয় এবং উদ্ভূত বাষ্প উষ্ণ চুনগোলার মধ্য দিয়ে চালিত করা হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অনুরূপ ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে এবং এইভাবে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দূরীভূত হয়ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH} + Ca(OH)_2 \longrightarrow \underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca} + 2H_2O$$

ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

উষ্ণ চুনগোলা থেকে অ্যাসিটোন (স্ফুটনাঙ্ক 56°সে.), মিথাইল অ্যালকোহল (স্ফুঃ 64·5°সে·) ও স্টীম বাষ্পাকারে বার হয়ে আসে। এই বাষ্পকে ঘনীভূত করে তরল মিশ্রণ পাওয়া যায়। তরল মিশ্রণে চুন (CaO) যোগ করে জল শোষিত করা হয় এবং চুন মিশ্রিত তরলের আংশিক পাতন দ্বারা মিথাইল অ্যালকোহল পৃথক করা হয়। অ্যাসিটোন ও মিথাইল অ্যালকোহলের

স্ফুটনাঙ্ক কাছাকাছি, তাই আংশিক পাতন করে পুরোপুরি অ্যাসিটোনমুক্ত মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় না। দক্ষ আংশিক পাতন স্তম্ভের সহায়তায় সাবধানে আংশিক পাতন করে প্রায় শুষ্ক মিথাইল অ্যালকোহল (98%) পাওয়া যায়। এইভাবে উৎপন্ন পণ্য মিথাইল অ্যালকোহলে 1—2% অ্যাসিটোন থেকে যায়। এই অ্যাসিটোন নীচের পদ্ধতিগুলির সাহায্যে দূর করা যায়ঃ

(1) উত্তপ্ত অবস্থায় তরলের ভিতর দিয়ে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে অ্যাসিটোনের ক্লোরিনেসনের ফলে ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটোন উৎপন্ন হয় এবং মিথাইল অ্যালকোহল অবিকৃত থাকে। এই মিশ্রণের আংশিক পাতন করলে ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটোন পাতন পাত্রে পড়ে থাকে এবং বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল পাতিত তরলরূপে পাওয়া যায়।

(2) পণ্য মিথাইল অ্যালকোহলে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে মিথাইল অ্যালকোহল কেলাসাকার যৌগ $CaCl_2, 4CH_3OH$ উৎপন্ন করে। এই কেলাস ছেঁকে নিয়ে চাপ দিয়ে অ্যাসিটোন নিংড়িয়ে বার করে দেওয়া হয়। পরে কেলাসাকার পদার্থ $CaCl_2$, $4CH_3OH$ পাতন করে বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করা হয়।

(3) অনার্দ্র অক্সালিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে মিথাইল অ্যালকোহল কেলাসাকার পদার্থ ডাইমিথাইল অক্সালেট উৎপন্ন করে। এই কেলাস পৃথক করে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করা হয় এবং পাতনের দ্বারা বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{2CH_3OH} \longrightarrow \underset{\text{ডাইমিথাইল অক্সালেট}}{\begin{matrix}COOCH_3\\|\\COOCH_3\end{matrix}} + 2H_2O$$

$$\underset{\text{ডাইমিথাইল অক্সালেট।}}{\begin{matrix}COOCH_3\\|\\COOCH_3\end{matrix}} + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অক্সালেট}}{\begin{matrix}COONa\\|\\COONa\end{matrix}} + \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{2CH_3OH}$$

(2) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** (i) **কয়লা থেকে ঃ** শ্বেত-তপ্ত কোকের উপর স্টীম চালনা করে ওয়াটার গ্যাস (কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ) উৎপন্ন করা হয়ঃ

$$C + H_2O \xrightarrow{1300°\text{সে.}} CO + H_2$$

বিশুদ্ধিকৃত ওয়াটার গ্যাসের সঙ্গে এর অর্ধ-আয়তন হাইড্রোজেন মিশ্রিত করে এই গ্যাস মিশ্রণকে 200—300 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে 300°সে. উষ্ণতায় জিঙ্ক অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম (III) অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে মিথানল উৎপাদন করা হয়ঃ

$$\underset{\text{ওয়াটার গ্যাস}}{(CO + H_2)} + H_2 \xrightarrow{ZnO+Cr_2O_3\ (\text{অনুঘটক})} \underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} + 24{\cdot}6 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

[মিথাইল অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্কের উপরে রাসায়নিক সমীকরণের সকল পদার্থই গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। তিন আয়তন বিক্রিয়ক এক আয়তন বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী। সুতরাং লা শ্যাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী উচ্চ চাপ মিথাইল অ্যালকোহল উৎপাদনের সহায়ক—সাধারণত 200 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপ প্রয়োগ করা হয়। আবার বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী বলে উচ্চ উষ্ণতা মিথানল উৎপাদনের সহায়ক নয়। 300°সে. উষ্ণতার নীচে বিক্রিয়ার হার শ্লথ হয়ে পড়ে এবং 400°সে. উষ্ণতার উপর সাম্যাবস্থা মিথানল উৎপাদনের সহায়ক নয়। প্রথমে উপযুক্ত উষ্ণতায় অনুঘটক মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে নেওয়া হয়। পরে বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপই অনুঘটকের তাপমাত্রা ঠিক রাখে।]

উৎপন্ন মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্পের সঙ্গে অবিকৃত CO ও H_2 মিশে থাকে। এই গ্যাস মিশ্রণকে শীতল করে মিথানল বাষ্পকে তরলে ঘনীভূত করা হয়। অপরিবর্তিত CO ও H_2কে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

(2) **প্রাকৃতিক গ্যাস থেকেঃ** প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে প্রাপ্ত মিথেন স্টীমের সঙ্গে মিশ্রিত করে চাপের প্রভাবে 900°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ পাওয়া যায় (পৃঃ 96)।

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow[\text{অনুঘটক } 900^\circ \text{ সে., } 30 \text{ অ্যাটমস্.}]{Ni} CO + 3H_2$$

উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে সংশ্লেষিত গ্যাস (Synthesis gas) বলে। এই গ্যাস মিশ্রণকে 300° সে. উষ্ণতায় ও 300 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে $ZnO—Cr_2O_3$ অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে মিথানল উৎপাদন করা হয় (উপরের পদ্ধতি (2) দ্রষ্টব্য)।

(3) মিথেনের জারণের দ্বারাও মিথানল উৎপাদন করা হয় (পৃঃ 96 দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন ঃ 3D.26 পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড কি ?

3D.27 অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে মিথাইল অ্যালকোহল শুষ্ক করা যায় না, কিন্তু অ্যাসিটোনমুক্ত বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা যায় কেন ?

3D.28 কি হয় বল ঃ

(i) অ্যাসিটোন ও মিথানলের মিশ্রণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হল ও মিশ্রণের আংশিক পাতন করা হল ;

(ii) অনার্দ্র অক্সালিক অ্যাসিড সহ মিথানল ফুটানো হল এবং উৎপন্ন পদার্থ অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে পাতিত করা হল।

3D.29 পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটোন দূর করে মিথানল উদ্ধারের নীতি বল।

3D.30 ওয়াটার গ্যাস কি ? ওয়াটার গ্যাস থেকে মিথানল সংশ্লেষণের শর্তসহ সমীকরণ দাও।

3D.31 প্রাকৃতিক গ্যাস ও স্টীম থেকে মিথেন প্রস্তুতির শর্তসহ সমীকরণ দাও।

3D.6 ভৌত ধর্ম (Physical Properties)

(1) মিথানল বর্ণহীন, অ্যালকোহলীয় গন্ধ ও ঝাঁঝালো স্বাদযুক্ত, দাহ্য (inflammable), উদ্বায়ী তরল পদার্থ (স্ফুটনাংক 64·5° সে.)। (2) মিথানল জলের থেকে হাল্কা এবং জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে মিশে যায়। এই মিশ্রণ থেকে আংশিক পাতনের সাহায্যে উভয়কে পৃথক করা যায় (ইথানলকে যায় না)। ইথারের সঙ্গেও মিথানল যে কোন অনুপাতে মেশে।

মিথানল একটি অতি বিষাক্ত পদার্থ—মানবদেহে ধীরে ধীরে জারিত হয়ে বিষাক্ত (toxic) ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিভিন্ন পরিমাণে পানের ফলে অন্ধত্ব, উন্মত্ততা এবং মৃত্যু পর্যন্ত ঘটে।

প্রশ্ন ঃ 3D.32 মিথানল জলে দ্রবীভূত হয় কেন ?

3D.33 মিথেন জলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু মিথানল দ্রবীভূত হয় কেন ?

3D.34 মিথানল ও জলের মিশ্রণ থেকে মিথানল পৃথক করা যায় কিভাবে ?

3D.7 রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (Chemical properties and reactions)

(1) মিথানল একটি প্রশম তরল—নীল বা লাল লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন করে না।

(2) ইহা বায়ুতে ঈষৎ দীপ্ত শিখায় জ্বলে ঃ

$$2CH_3OH + 3O_2 = 2CO_2 + 4H_2O$$

(3) **জারণ ঃ** মিথাইল অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথমে ফরম্যালডিহাইড, তারপর ফরমিক অ্যাসিড এবং জারণ ক্রিয়া দীর্ঘস্থায়ী হলে সবশেষে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ফরমিক আসিড}}{HCOOH} \xrightarrow{[O]} CO_2 + H_2O$$

মিথানল প্রাইমারী অ্যালকোহল। তাই জারণ ক্রিয়ায় প্রথম ধাপে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড এবং দ্বিতীয় ধাপে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

(i) অক্সাইড আস্তরণযুক্ত উত্তপ্ত কপারের তার দ্বারা মিথানল ফরম্যালডিহাইডে জারিত হয়ঃ

$$CH_3OH + CuO \longrightarrow Cu + HCHO + H_2O$$

(ii) H_2SO_4 যুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা লঘু ও শীতল অবস্থায় মিথানল ফরম্যালডিহাইডে জারিত হয়।

(iii) মিথানলের বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ 400° সে. উষ্ণতায় সিলভার অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে ফরম্যালডিহাইড উৎপাদন করা হয়ঃ

$$2CH_3OH + O_2 \xrightarrow{\text{Ag, 400°সে.}} 2HCHO + 2H_2O$$

(iv) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$) বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট উত্তপ্ত অবস্থায় মিথানলকে জারিত করে প্রথমে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে এবং তারপর এই ফরম্যালডিহাইডকে সহজেই ফরমিক অ্যাসিডে জারিত করে দেয়—জারণক্রিয়া দীর্ঘস্থায়ী হলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(4) মিথানলের উপর **ধাতব সোডিয়ামের** ক্রিয়ায় সাধারণ তাপমাত্রায় সোডিয়াম মিথোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়ঃ

$$\underset{\text{মিথানল}}{2CH_3OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম মিথোক্সাইড}}{2CH_3ONa} + H_2$$

এই বিক্রিয়া থেকে বোঝা যায় মিথানল অতি মৃদু অ্যাসিডধর্মী।

[অ্যালকোহল অণুর একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু সোডিয়াম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। অ্যালকেনের সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের কোন বিক্রিয়া নাই। এর থেকে বোঝা যায় অ্যালকোহল অণুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুই শুধু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। অ্যালকোহলের গঠন-সংকেত নির্ণয়ে এটি একটি প্রয়োজনীয় বিষয়।]

সোডিয়াম মিথোক্সাইড সহজেই জল দ্বারা বিয়োজিত হয়ে যায় এবং মিথানল ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করেঃ

$$CH_3ONa + HOH \longrightarrow CH_3OH + NaOH$$

ধাতব পটাসিয়ামও মিথানলের সঙ্গে অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করেঃ

$$\underset{\text{মিথানল}}{2CH_3OH} + 2K \longrightarrow \underset{\text{পটাসিয়াম মিথোক্সাইড}}{2CH_3OK} + H_2$$

সোডালাইম সহযোগে উত্তপ্ত করলে মিথানল সোডিয়াম ফরমেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেঃ

$$CH_3OH + NaOH \xrightarrow{CaO} HCOONa + 2H_2$$

(5) (i) মিথানলের সঙ্গে **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের** বিক্রিয়ায় **মিথাইল ক্লোরাইড,** ফসফরাস অক্সি ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$CH_3OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3Cl + POCl_3 + HCl$$

(ii) মিথানল ও ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়ঃ

$$3CH_3OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3Cl + H_3PO_3$$

(iii) মিথানলের সঙ্গে **লাল ফসফরাস ও ব্রোমিনের** (অর্থাৎ **ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইডের**) বিক্রিয়ায় মিথাইল ব্রোমাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়ঃ

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$

$$3CH_3OH + PBr_3 = 3CH_3Br + H_3PO_3$$

(iv) মিথানলের সঙ্গে **লাল ফসফরাস** ও **আয়োডিনের** (অর্থাৎ **ফসফরাস ট্রাই-আয়োডাইডের**) বিক্রিয়ায় মিথাইল আয়োডাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$

$$3CH_3OH + PI_3 = 3CH_3I + H_3PO_3$$

[উপরের বিক্রিয়াগুলিতে অ্যালকোহলের OH গ্রুপ হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। অ্যালকোহলের OH গ্রুপ হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে অ্যালকিল হ্যালাইড গঠিত হয়। অ্যালকোহলের উপর PCl_5 ও PCl_3-এর ক্রিয়ায় অ্যালকিল ক্লোরাইড, PBr_3 (লাল ফসফরাস + Br_2)-এর ক্রিয়ায় অ্যালকিল ব্রোমাইড এবং PI_3 (লাল ফসফরাস + I_2)-এর ক্রিয়ায় অ্যালকিল আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়।]

অ্যালকোহলের সঙ্গে ফসফরাস ট্রাই হ্যালাইডের বিক্রিয়া এবং জলের সঙ্গে ফসফরাস ট্রাই হ্যালাইডের বিক্রিয়া তুলনীয় :

$$3HOH + PX_3 \longrightarrow 3HX + P(OH)_3 \qquad [\ X = \text{হ্যালোজেন পরমাণু}\ ]$$

(6) **এস্টার গঠন :** উপযুক্ত নিরুদক যেমন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড ইত্যাদির উপস্থিতিতে মিথানল জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **এস্টার** নামক যৌগ উৎপন্ন করে—সঙ্গে জল উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং এস্টারিফেকেসন বিক্রিয়া নামে পরিচিত। গাঢ় H_2SO_4, অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইড ইত্যাদি এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিড অনুঘটক ও নিরুদকরূপে (উৎপন্ন জল শোষণ করে বিক্রিয়াকে সম্মুখবর্তী করতে সাহায্য করে) কাজ করে।

[জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের আয়নীয় এক বা একাধিক হাইড্রোজেনের অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে এস্টার উৎপন্ন হয় বলে ধরা যেতে পারে :

অ্যাসিড	এস্টার
H_2SO_4 (অজৈব)	CH_3HSO_4, $(CH_3)_2SO_4$ (অজৈব অ্যাসিড এস্টার)
CH_3COOH (জৈব)	$CH_3COOC_2H_5$ (জৈব অ্যাসিড এস্টার)

এস্টার অ্যাসিডের ধাতব লবণের সঙ্গে তুলনীয়। তাই এস্টার অ্যালকিল লবণরূপে পরিচিত।]

(i) অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে মিথানলের উপর হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের ক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH_3OH + HCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } ZnCl_2} CH_3Cl + H_2O$$

অনুরূপভাবে মিথানলের উপর হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন আয়োডাইডের ক্রিয়ায় যথাক্রমে মিথাইল ব্রোমাইড ও মিথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

(ii) মিথানল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে প্রথমে মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ও জল উৎপন্ন হয় :

$$CH_3OH + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3HSO_4} + H_2O$$

অধিক পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পরে ডাইমিথাইল সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$2CH_3HSO_4 \longrightarrow \underset{\text{ডাইমিথাইল সালফেট}}{(CH_3)_2SO_4} + H_2SO_4$$

মিথানল অধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হলে ডাইমিথাইল ইথার উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3HSO_4 + CH_3OH \longrightarrow \underset{\text{ডাইমিথাইল ইথার}}{CH_3OCH_3} + H_2SO_4$$

(iii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে মিথানল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে মিথাইল অ্যাসিটেট নামক এস্টার ও জল উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3OH + CH_3COOH \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOCH_3} + H_2O$$

[উপরের বিক্রিয়া তিনটি NaOH-এর সঙ্গে উল্লিখিত বিকারকগুলির বিক্রিয়ার সঙ্গে তুলনীয় ঃ

(i) $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

(ii) $NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$

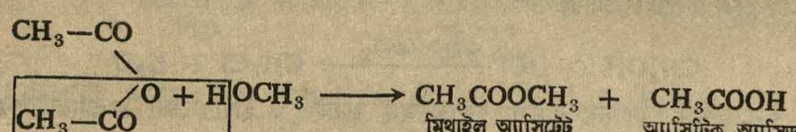
$NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$

(iii) $NaOH + CH_3COOH = CH_3COONa + H_2O$

এই বিক্রিয়াগুলি থেকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের মত মিথানলেও OH গ্রুপের উপস্থিতি সূচিত হয়। কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে মিথানলের এই সাদৃশ্য উপরিগত—পার্থক্যও প্রকট। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়াগুলি বাস্তবতার বিচারে একমুখী এবং দ্রুত সংঘটিত হয়। মিথানলের এই বিক্রিয়াগুলি উভমুখী এবং শ্লথ। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে Na^+ ও OH^- উৎপন্ন করে, কিন্তু মিথানল জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে না।]

(7) মিথানল অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে **অ্যাসিটাইলেশন (Acetylation)** বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে—মিথানলের H পরমাণু অ্যাসিটাইল (CH_3CO) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে মিথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। [যে বিক্রিয়ায় সাধারণত OH, NH_2 ইত্যাদি গ্রুপের H পরমাণু অ্যাসিটাইল (CH_3CO) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তাকে অ্যাসিটাইলেশন বিক্রিয়া বলে।]

$$\underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3CO}\boxed{Cl + H}\underset{\text{মিথানল}}{OCH_3} \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOCH_3} + HCl$$



অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড   মিথানল

প্রশ্ন ঃ **3D.35** মিথানলের জারণের ফলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ?

3D.36 মিথানলে ধাতব সোডিয়াম যোগ করলে কি হয় ? মিথেনে ধাতব সোডিয়াম যোগ করলে কি হয় ? এই তথ্য দুটি থেকে মিথানলের গঠন-সংকেত সম্বন্ধে কি ধারণা করা যায় ?

3D.37 মিথানল থেকে মিথাইল ক্লোরাইড প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ দাও।

3D.38 মিথানল থেকে উৎপন্ন দুটি এস্টারের সংকেত ও নাম লেখ। এস্টার দুটি প্রস্তুতির দুটি সমীকরণ দাও।

3D.39 কিভাবে প্রস্তুত করবে ?

(i) মিথানল→ডাইমিথাইল ইথার, (ii) মিথানল→মিথাইল অ্যাসিটেট।

3D.40 A, B, C, D-এর সঙ্কেত ও নাম লেখ।

(i) $CH_3OH \xrightarrow{CH_3COCl} A + B$

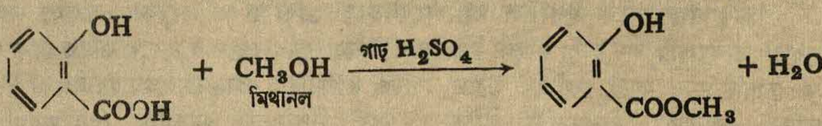
(ii) $CH_3OH \xrightarrow{\text{লাল } P/I_2} C + D$

3D.41 অজৈব যৌগের সঙ্গে মিথানলের যুত-যৌগ গঠনের একটি উদাহরণ দাও।

(৪) গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে মিথানল কেলাসীয় যৌগ $CaCl_2, 4CH_3OH$ গঠন করে। এইজন্য মিথানল গলিত $CaCl_2$ দিয়ে শুষ্ক করা যায় না। অনুরূপভাবে, $MgCl_2, CH_3OH$ উৎপন্ন হয়।

3D.8 সনাক্তকরণ বা পরিচায়ক পরীক্ষা (Identification)

(1) ~1 মিলি মিথানল ও ~0·5 গ্রাম স্যালিসাইলিক অ্যাসিড কয়েক ফোঁটা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ একটি শুষ্ক পরীক্ষানলে নিয়ে এক মিনিট মত উত্তপ্ত করে সাবধানে জলে ঢাললে (সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে ঢাললে ভাল হয়) উইন্টারগ্রীন তেলের বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়। বিক্রিয়ায় মিথাইল স্যালিসাইলেট নামক এস্টারের উৎপত্তিই এই গন্ধের কারণ।



স্যালিসাইলিক অ্যাসিড — মিথাইল স্যালিসাইলেট

(2) মিথানল আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া দেয় না।

[অন্যান্য পরীক্ষার জন্য মিথানল ও ইথানলের পার্থক্য দেখ।]

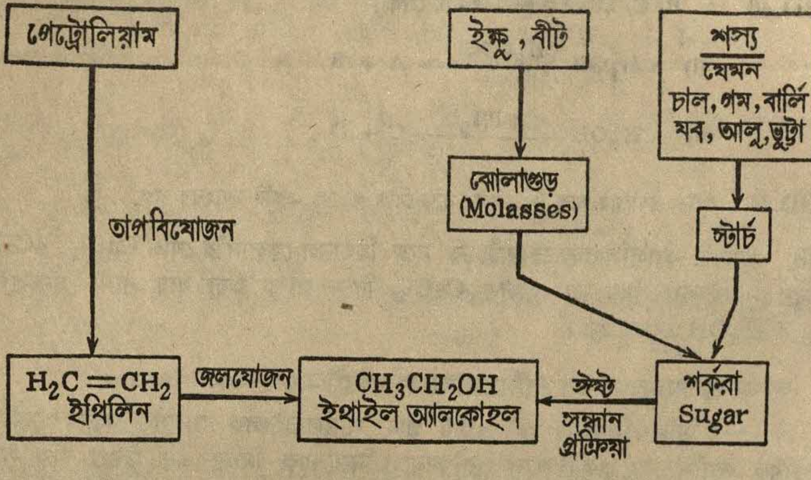
প্রশ্ন : **3D.42** একটি তরল যে মিথানল কি ভাবে তা সনাক্ত করবে ?

3D.9 ব্যবহার (Uses)

মিথানল (1) পেন্ট, বার্নিশ ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে, (2) ফরম্যালডিহাইড (প্ল্যাস্টিক শিল্পে ব্যবহৃত হয়), রং ও সুগন্ধি উৎপাদনে, (3) পেট্রোলের সঙ্গে মিশিয়ে মোটর ইঞ্জিনের জ্বালানী [এই জ্বালানীকে পাওয়ার অ্যালকোহল (Power alcohol) বলে] হিসাবে, (4) মোটরের বিকিরকে (radiator) হিমায়ন-রোধক (antifreeze) হিসাবে, (5) মেথিলেটেড স্পিরিট প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহল (CH_3CH_2OH)

জৈব রসায়নে ইথাইল অ্যালকোহলের স্থান অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। সস্তায় ইথানলের শিল্পোৎপাদন খুবই প্রয়োজনীয়। ইথানলের শিল্পোৎপাদন করা হয়: (1) ইথিলিনের জল-যোজন দ্বারা। পেট্রোলিয়ামের তাপবিযোজনের (cracking) দ্বারা ইথিলিন পাওয়া যায়। (2) কার্বহাইড্রেটের সন্ধান (Fermentation) পদ্ধতিতে (নীচের ছক দেখ)।



3D.10 ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন—সন্ধান প্রক্রিয়া (Fermentation)

গ্লুকোজ থেকে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতি : গ্লুকোজের লঘু জলীয় দ্রবণে সাধারণ তাপমাত্রায় ঈস্ট যোগ করলে কিছুক্ষণের মধ্যে দ্রবণ থেকে বুদ্‌বুদ্ উঠতে দেখা যায়—মনে হয় দ্রবণটি যেন ফুটে ফেনিয়ে উঠছে, যদিও তাপমাত্রার কোন হেরফের হয় না। ঈস্ট হল এক ধরনের এককোষী নিম্নশ্রেণীর উদ্ভিদ। ঈস্টে উপস্থিত এনজাইম (enzyme) জাইমেজ (zymase) গ্লুকোজকে বিয়োজিত করে ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে :

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{(ঈস্ট থেকে)}]{\text{জাইমেজ}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের নির্গমনের জন্য দ্রবণটি ফুটছে বলে মনে হয় এবং দ্রবণে ফেনার সৃষ্টি হয়। এটি একটি সন্ধান প্রক্রিয়ার (Fermentation) উদাহরণ। দ্রবণটি ফুটছে বলে মনে হয় বলেই পদ্ধতিটির নাম ফারমেনটেশন হয়েছে (ল্যাটিন শব্দ 'ফারভিয়ার'-এর অর্থ হল ফুটে ওঠা)।

সুক্রোজ বা কেনসুগার থেকে ইথাইল অ্যালকোহল : অনুরূপভাবে, সুক্রোজ বা কেনসুগারের (সাধারণ চিনির) লঘু জলীয় দ্রবণে ঈস্ট যোগ করলেও ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ঈস্টে জাইমেজ ছাড়াও অন্যান্য উৎসেচক থাকে। তাদের মধ্যে একটি হল ইনভারটেজ। প্রথমে ইনভারটেজ নামক উৎসেচকটি সুক্রোজকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে গ্লুকোজ ও ফ্রাকটোজে পরিণত করে :

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow[\text{(ঈস্ট থেকে)}]{\text{ইনভারটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

পরে উৎসেচক জাইমেজ গ্লুকোজ ও ফ্রাকটোজ উভয়কেই বিয়োজিত করে ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে (সন্ধান প্রক্রিয়া) :

$$\underset{\text{গ্লুকোজ/ফ্রাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{(ঈস্ট থেকে)}]{\text{জাইমেজ}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

উপরের দুটি উদাহরণেই ঈস্টের প্রভাবে শর্করা জাতীয় পদার্থ অ্যালকোহলে পরিবর্তিত হয়। ঈস্ট জীবন্ত, তাই প্রথমে এইরকম ধারণা ছিল যে সন্ধান প্রক্রিয়া একটি জৈবিক (biological) প্রক্রিয়া। পরবর্তী কালে প্রমাণিত হয়েছে যে ঈস্টের মধ্যে উপস্থিত নাইট্রোজেন ঘটিত নিষ্প্রাণ এক প্রকারের জটিল যৌগ এই প্রক্রিয়া ঘটায়। এই পদার্থগুলিকে উৎসেচক (enzyme) বলে। এরা প্রোটীন জাতীয় পদার্থ। অর্থাৎ, সন্ধান প্রক্রিয়া অন্য যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার মতই—শুধু এই প্রক্রিয়ায় উৎসেচক প্রভাবকরূপে কাজ করে। এখানে একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন। যে কোন উৎসেচকই যে কোন পদার্থের বিযোজন প্রভাবিত করতে পারে না। জাইমেজ গ্লুকোজের বিযোজনে প্রভাবকরূপে কাজ করে, কিন্তু সুক্রোজের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটাতে পারে না। ইনভারটেজ সুক্রোজকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে, কিন্তু মল্টোজকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করতে পারে না।

সন্ধান প্রক্রিয়া বা ফারমেনটেশন (Fermentation) : যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় **নিম্নশ্রেণীর জীবন্ত উদ্ভিদ বা প্রাণিকোষের থেকে নিঃসৃত উৎসেচকের প্রভাবন ক্রিয়ায় জটিলতর জৈব যৌগের বিযোজনের ফলে সরলতর জৈব যৌগ উৎপন্ন হয় সেই রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সন্ধান প্রক্রিয়া বা ফারমেনটেশন বলে।** উৎসেচকের প্রভাবে শর্করা জাতীয় পদার্থের বিযোজনের ফলে অ্যালকোহল উৎপন্নের ঘটনাকে কোহল সন্ধান বা অ্যালকোহলীয় ফারমেনটেশন (alcoholic fermentation) বলে।

সন্ধান প্রক্রিয়া একটি অতি জটিল রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এটি ঘটে অনেকগুলি ধাপে। গ্লুকোজের উপর জাইমেজের প্রভাবনে সন্ধান প্রক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত যে বিক্রিয়াটি ঘটে নীচের রাসায়নিক সমীকরণটি দিয়ে তাই প্রকাশ করা হয় :

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$$

গ্লুকোজ বা সুক্রোজ ব্যবহার করে সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন করা হয় না। শস্য (যেমন, চাল, গম, যব, ভুট্টা, আলু), ইক্ষু বা বীট যে দেশে যেটি সস্তায় সহজলভ্য সেটিই সে দেশে কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আমাদের দেশে স্টার্চ জাতীয় শস্য, ইক্ষু থেকে পাওয়া ঝোলাগুড় এবং মহুয়া সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলের উৎসরূপে ব্যবহৃত হয়।

স্টার্চ জাতীয় শস্য থেকে ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন : আলু, ভুট্টা, চাল ইত্যাদি শস্যে স্টার্চ বা শ্বেতসার আছে। স্টার্চ একটি বহুযৌগিক পদার্থ (polymer) যার সংকেত হল $(C_6H_{10}O_5)_n$ (n একটি অনির্দিষ্ট বড় সংখ্যা)।

মল্ট : সিক্ত বার্লিকে অন্ধকারে 15°সে. তাপমাত্রায় অঙ্কুরিত হতে দেওয়া হয়। অঙ্কুরিত বার্লি (মল্ট) 60°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে অঙ্কুর-উদ্গমন বন্ধ করা হয় এবং তারপর পিষে জল দিয়ে নিষ্কাশিত করা (extract) হয়। জলীয় নির্যাসকে মল্ট নির্যাস বলে এবং এতে ডায়াস্টেজ (diastase) নামক উৎসেচক থাকে।

ঈস্ট সরাসরি ভাবে স্টার্চকে অ্যালকোহলে পরিণত করতে পারে না। তাই প্রথমে স্টার্চকে শর্করা জাতীয় পদার্থে পরিণত করা হয় এবং তারপর উৎপন্ন শর্করা জাতীয় পদার্থে ঈস্ট যোগ করে কোহল সন্ধান প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

আলুকে খুব পাতলা করে কেটে নিয়ে অথবা ভুট্টা, চাল, গম ইত্যাদি চূর্ণ করে নিয়ে অতিরিক্ত চাপে স্টীমের সঙ্গে 140—150°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। এর ফলে স্টার্চ দানা কোষ থেকে বের হয়ে আসে। এরপর তাপমাত্রা 50—60° সেণ্টিগ্রেডে রেখে এর মধ্যে অঙ্কুরিত বার্লি বা মল্ট (malt) যোগ করা হয়। মল্টে উপস্থিত ডায়াস্টেজ (diastase) নামক উৎসেচকের প্রভাবন

ক্রিয়ায় স্টার্চ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে মল্টোজ নামক শর্করায় পরিণত হয় (প্রায় আধ ঘন্টায় আর্দ্র-বিশ্লেষণ সম্পূর্ণ হয়) ঃ

$$\underset{\text{স্টার্চ}}{2(C_5H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{\text{ডায়াস্টেজ}} \underset{\text{মল্টোজ}}{nC_{12}H_{22}O_{11}}$$

উৎপন্ন মিশ্রণকে জল দিয়ে লঘু করা হয় এবং 15°সে. উষ্ণতায় শীতল করে ঈস্ট যোগ করা হয়। ঈস্ট থেকে নিঃসৃত মল্টেজ (maltase) নামক এনজাইমের উপস্থিতিতে মল্টোজ গ্লুকোজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায় ঃ

$$\underset{\text{মল্টোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{মল্টেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6}$$

ঈস্টের অপর একটি উৎসেচক জাইমেজ (xymase) উৎপন্ন গ্লুকোজকে সন্ধিত করে ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলের অতি লঘু (8—12%) জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে সন্ধিত দ্রবণ (fermented liquor) বলে। দ্রবণে অ্যালকোহলের পরিমাণ প্রায় 15% হলে ঈস্ট বাঁচতে পারে না এবং প্রক্রিয়াটিও বন্ধ হয়ে যায়। তাই সন্ধান প্রক্রিয়ায় খুবই লঘু ইথাইল অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ (~10%) উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড এই সন্ধান প্রক্রিয়ার একটি মূল্যবান উপজাত।

ঝোলাগুড় (molasses) থেকে ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন ঃ

ইক্ষুর গাঢ় রস থেকে সুক্রোজ বা সাধারণ চিনি কেলাসিত করে পৃথক করার পর যে শেষদ্রব পাওয়া যায় তাকে ঝোলাগুড় বলে (অনুরূপভাবে বীট থেকেও ঝোলাগুড় পাওয়া যায়)। অর্থাৎ আখের রস থেকে চিনির শিল্পোৎপাদনে উপজাত হিসাবে ঝোলাগুড় পাওয়া যায়। এই ঝোলাগুড় বাদামী রং-এর গাঢ় তরল পদার্থ এবং এতে প্রায় 30% সুক্রোজ (চিনি) এবং 32% গ্লুকোজ ও ফ্রাকটোজ থাকে।

প্রথমে উপযুক্ত পরিমাণ জল যোগ করে ঝোলাগুড়কে লঘু করে নেওয়া হয় যাতে দ্রবণে প্রায় 10% শর্করা থাকে। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করে দ্রবণকে সামান্য অম্লায়িত করা হয় (ব্যাক্টেরিয়া বৃদ্ধি দমন করার জন্য) এবং ঈস্টের পুষ্টির জন্য সাধারণত দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম ফসফেট যোগ করা হয়। এর পর দ্রবণের তাপমাত্রা 21—28° সে. এর মধ্যে রেখে দ্রবণে ঈস্ট যোগ করা হয় এবং কয়েকদিন এইভাবে রেখে দেওয়া হয়।

ঈস্ট থেকে নিঃসৃত ইনভারটেজ (Invertase) নামক উৎসেচকের প্রভাবে সুক্রোজ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজ ও ফ্রাকটোজে পরিণত হয় ঃ

$$\underset{\text{সুক্রোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভারটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

ঈস্টের অপর একটি উৎসেচক জাইমেজের প্রভাবন ক্রিয়ায় গ্লুকোজ ও ফ্রাকটোজ সন্ধিত হয়ে ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{গ্লুকোজ/ফ্রাকটোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{জাইমেজ}} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

সন্ধান প্রক্রিয়াটি শেষ হতে প্রায় 3 দিন সময় লাগে।

প্রাপ্ত সন্ধিত দ্রবণে 4—10% ইথাইল অ্যালকোহল থাকে। উপজাত হিসাবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ করা হয়।

উৎপন্ন অ্যালকোহলের লঘু জলীয় দ্রবণের গাঢ়ীকরণ—রেকটিফায়েড স্পিরিট বা শোধিত অ্যালকোহল প্রস্তুতি (Concentration of dilute aqueous solution of ethyl alcohol—Preparation of rectified spirit) ঃ

সন্ধান প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত ইথাইল অ্যালকোহলের লঘু জলীয় দ্রবণকে (6—10% ইথাইল অ্যালকোহল, বাদবাকী জল এবং অন্যান্য বিজাতীয় পদার্থ) ছেঁকে নিয়ে আংশিক পাতন পদ্ধতিতে গাঢ় করা হয়। এই আংশিক পাতন করা হয় 'কফি-স্টিল' (Coffey-still) নামক বিশেষ ধরনের পাতন-স্তম্ভে। এতে প্রায় 80—90% ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

এই (80—90%) ইথাইল অ্যালকোহল পুনরায় সাবধানে আংশিক পাতন করে তিনটি পাতিত অংশ পৃথকভাবে সংগ্রহ করা হয়।

প্রথম অংশ ঃ নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক অংশ—এতে থাকে অ্যাসিট্যালডিহাইড(স্ফুটনাঙ্ক 21°সে.)।

দ্বিতীয় অংশ ঃ এই অংশ রেকটিফায়েড স্পিরিট বা শোধিত অ্যালকোহল নামে পরিচিত। এই অংশে সাধারণত ওজন অনুসারে 93—95% ইথাইল অ্যালকোহল থাকে—বাকীটা জল।

প্রকৃত রেকটিফায়েড স্পিরিট বা শোধিত অ্যালকোহলে ওজন অনুসারে 95·57% ইথাইল অ্যালকোহল এবং 4·43% জল থাকে। এখানে মনে রাখা দরকার আংশিক পাতনের দ্বারা এর থেকে বেশী গাঢ় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় না।

তৃতীয় অংশ ঃ উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক অংশ (125°—140° সে.)—একে বলে ফিউসেল তেল (**Fusel oil**)। স্টার্চ কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করলে ফিউসেল তেল পাওয়া যায়। এটি কিছু উচ্চ স্ফুটনাঙ্কবিশিষ্ট প্রাইমারী অ্যালকোহলের মিশ্রণ—বেশীরভাগই আইসো-অ্যামাইল অ্যালকোহল, সঙ্গে থাকে অল্প পরিমাণে নরমাল প্রপাইল অ্যালকোহল, আইসো-বিউটাইল অ্যালকোহল এবং 2-মিথাইল-1-বিউটানল (সক্রিয় অ্যামাইল অ্যালকোহল)। (অ্যামাইল = পেনটাইল)।

রেকটিফায়েড স্পিরিট ঃ ইথাইল অ্যালকোহলের লঘু জলীয় দ্রবণ আংশিক পাতনের সাহায্যে গাঢ় করলে শেষ পর্যন্ত ওজন অনুসারে 95·57% ইথাইল অ্যালকোহল এবং ওজন অনুসারে 4·43% জলের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণকে রেকটিফায়েড স্পিরিট বলে। আংশিক পাতনের সাহায্যে এর থেকে বেশী গাঢ়ত্বের ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় না। কারণ এই মিশ্রণ একটি স্থির স্ফুটনাঙ্কী মিশ্রণ (constant boiling mixture)—মিশ্রণটির স্ফুটনাঙ্ক 78·15° সে.।

এই মিশ্রণকে পাতিত করলে 78·15° সে. তাপমাত্রায় মিশ্রণটি অপরিবর্তিতভাবেই পাতিত হয়—অর্থাৎ মিশ্রণটির এবং পাতিত তরলের উপাদানগুলির অনুপাত একই থাকে। শিল্পে এবং পরীক্ষাগারে অনেক সময় রেকটিফায়েড স্পিরিটেই কাজ চলে যায় এবং প্রচুর পরিমাণে রেকটিফায়েড স্পিরিট এইজন্য ব্যবহৃত হয়। অনেকক্ষেত্রে আবার নির্জল অ্যালকোহল বা অ্যাবসলিউট অ্যালকোহল (Absolute alcohol) প্রয়োজন হয়। রেকটিফায়েড স্পিরিট থেকে জল অপসারণ করে নির্জল অ্যালকোহল প্রস্তুতির জন্য বিশেষ পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।

রেকটিফায়েড স্পিরিট থেকে নির্জল অ্যালকোহল প্রস্তুতি ঃ রেকটিফায়েড স্পিরিটে উপযুক্ত পরিমাণ পোড়া চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড) যোগ করা হয়। (যোগ করার আগে ক্যালসিয়াম অক্সাইড পুড়িয়ে শোষকাধারে রেখে ঠান্ডা করে নেওয়া হয়)। মিশ্রণকে প্রায় 6 ঘণ্টা রিফ্লাক্স করার পর প্রায় চব্বিশ ঘণ্টা রেখে দেওয়া হয়। CaO জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে জলকে দূরীভূত করে ঃ $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$। কিন্তু অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। তারপর মিশ্রণকে ধীরে ধীরে পাতিত করে ইথাইল অ্যালকোহল সংগ্রহ করা হয়। এইভাবে প্রায় 99·5% ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। এই অ্যালকোহলই 'নির্জল অ্যালকোহল' (Absolute alcohol) নামে পরিচিত। [এখানে মনে রাখা প্রয়োজন (1) ইথাইল অ্যালকোহল জলাকর্ষী, সুতরাং সমগ্র প্রক্রিয়াতে জল-নিরোধক ব্যবস্থা নেওয়া হয় ($CaCl_2$-গার্ড টিউব ব্যবহার করা

হয়) এবং উৎপন্ন নির্জল অ্যালকোহল ভালভাবে-আটকায়-এমন-ছিপিযুক্ত বোতলে রাখা হয়। (2) **অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ইথাইল অ্যালকোহলকে জলমুক্ত করতে ব্যবহার করা যায় না ;** কারণ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে যুত যৌগ $CaCl_2, nC_2H_5OH$ উৎপন্ন করে।]

[অনেক সময় অতি শুষ্ক ইথাইল অ্যালকোহল ('Super dry ethyl alcohol) প্রয়োজন হয়। নির্জল অ্যালকোহল থেকে অতি শুষ্ক ইথাইল অ্যালকোহল এইভাবে প্রস্তুত করা যায় :

প্রথমে কিছুটা নির্জল অ্যালকোহলে উপযুক্ত পরিমাণ শুষ্ক ম্যাগনেসিয়াম (সামান্য আয়োডিন যোগ করে ম্যাগনেসিয়ামকে সক্রিয় করা হয়) যোগ করা হয় এবং উত্তপ্ত করে পুরোটা ম্যাগনেসিয়ামকে ম্যাগনেসিয়াম ইথোক্সাইডে পরিণত করা হয়। তারপর উপযুক্ত পরিমাণ নির্জল অ্যালকোহল যোগ করে প্রায় আধ ঘণ্টা রিফ্লাক্স করা হয়। এর ফলে নির্জল অ্যালকোহলে উপস্থিত জল ম্যাগনেসিয়াম ইথোক্সাইডকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে অত্যন্ত অদ্রাব্য ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করে—সঙ্গে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় এবং জল দূরীভূত হয়ে যায়। অতঃপর মিশ্রণকে পাতিত করে 'অতি-শুষ্ক' ইথাইল অ্যালকোহল উপযুক্ত পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। এতে 99·95 শতাংশের বেশী বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় (অবশ্যই এমন সাবধানতা নেওয়া হয় যাতে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প না ঢুকতে পারে। মনে রাখা দরকার অতি-শুষ্ক ইথাইল অ্যালকোহল অত্যন্ত জলাকর্ষী।)

যে বিক্রিয়াগুলি ঘটে তা হল :

$$Mg + 2C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম ইথোক্সাইড}}{Mg(OC_2H_5)_2} + H_2$$

$$Mg(OC_2H_5)_2 + 2H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2 + C_2H_5OH$$]

বিকল্প পদ্ধতি : এই পদ্ধতিটি নির্জল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। রেকটিফায়েড স্পিরিটে উপযুক্ত পরিমাণ বেনজিন যোগ করে পাতন করা হয়। পাতনের ফলে তিনটি অংশ পাওয়া যায় :

(1) 64·8°সে. উষ্ণতায় বেনজিন (74·1%), ইথাইল অ্যালকোহল (18·5%) এবং জলের (7·4%) একটি স্থির স্ফুটনাঙ্কী মিশ্রণ (constant boiling mixture) পাতিত হয়ে আসে। এইভাবে সমস্ত জল দূরীভূত হয়।

(2) 68·2°সে. উষ্ণতায় বেনজিন (67·6%) এবং ইথাইল অ্যালকোহলের (32·4%) অপর একটি স্থির স্ফুটনাঙ্কী মিশ্রণ পাতিত হয়ে আসে। এইভাবে সমস্ত বেনজিন অপসারিত হয়।

(3) 78·3°সে. উষ্ণতায় বিশুদ্ধ নির্জল অ্যালকোহল পাতিত হয়ে আসে।

ইথাইল অ্যালকোহলে জলের উপস্থিতি সনাক্তকরণ : যদি অতি সামান্য পরিমাণ জলও ইথাইল অ্যালকোহলে থাকে তবে সাদা রঙের অনার্দ্র কপার সালফেট ($CuSO_4$) এই ইথাইল অ্যালকোহলের সংস্পর্শে আনলে নীল ($CuSO_4, 5H_2O$) হয়ে যায় :

$$\underset{\text{সাদা}}{CuSO_4} + 5H_2O \longrightarrow \underset{\text{নীল}}{CuSO_4, 5H_2O}$$

প্রশ্ন : 3D.43 এনজাইম বা উৎসেচক কি ? কোহল-সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে এনজাইম কোথা থেকে আসে ? যে কোন এনজাইম কি যে কোন বিক্রিয়া ঘটাতে পারে ?

3D.44 ফারমেন্টেশন কাকে বলে ? (H.S. '87) ; (a) সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথানল উৎপাদনে প্রাকৃতিক উৎসের নাম কর।
(b) আলু থেকে সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে ঈস্ট যোগ করার আগে প্রথম পর্যায়ে মল্ট যোগ করা হয়। কিন্তু ঝোলাগুড় থেকে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে এইরকম কোন পর্যায়ের প্রয়োজন হয় না। কেন ?

3D.45 সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহলের খুবই লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় কেন ?

3D.46 রেকটিফায়েড স্পিরিট কি ? সন্ধান প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত ইথাইল অ্যালকোহলের লঘু জলীয় দ্রবণ থেকে কিভাবে রেক্টিফায়েড স্পিরিট প্রস্তুত করা হয় ?

3D.47 নির্জল অ্যালকোহল কাকে বলে ? (H.S. '87) ; রেকটিফায়েড স্পিরিট থেকে নির্জল অ্যালকোহল প্রস্তুতির একটি ভৌত ও একটি রাসায়নিক পদ্ধতি বর্ণনা কর।

3D.48 ঝোলাগুড় থেকে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে প্রয়োজনীয় উৎসেচকগুলির নাম ও ভূমিকা উল্লেখ কর (সমীকরণের সাহায্যে ভূমিকা দেখাও)।

3D.49 কোহল সন্ধান প্রক্রিয়ায় উপজাত হিসাবে কি পাওয়া যায় ?

ইথিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন : পেট্রোলিয়ামের তাপ-বিযোজন পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণে ইথিলিন পাওয়া যায়। ইথিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন দু ভাবে করা হয় :

(1) 80°সে. উষ্ণতায় 30 বায়ুমণ্ডলের চাপে ইথিলিন গ্যাস প্রায় 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করানো হয় — উৎপন্ন হয় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট :

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + H_2SO_4 \rightleftharpoons \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2HSO_4}$$

উৎপন্ন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট জলসহ ফুটিয়ে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করা হয় :

$$\underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2HSO_4} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + H_2SO_4$$

ইথাইল অ্যালকোহল পাতন করে সংগ্রহ করা হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড গাঢ় করে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

(2) ইথিলিন এবং স্টীমের মিশ্রণ 300°সে. উষ্ণতায় ও 100 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে ফসফোরিক অ্যাসিড অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে ইথিলিনে প্রত্যক্ষভাবে জল যোজিত হয় এবং ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{H_2C = CH_2} + H_2O \xrightarrow{H_3PO_4} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH}$$

অ্যাসিটিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল : 60—80°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত মারকিউরিক সালফেট যুক্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করলে অ্যাসিটালডিহাইড উৎপন্ন হয়। অ্যাসিটালডিহাইডের বাষ্পের সঙ্গে হাইড্রোজেন মিশ্রিত করে মিশ্রণকে 100—140°সে. তাপমাত্রায় নিকেলচূর্ণ অনুঘটকের উপর চালনা করা হয়। অ্যাসিট্যালডিহাইডের অনুঘটকজনিত বিজারণে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় :

$$HC \equiv CH \xrightarrow[HgSO_4]{H_2SO_4} CH_3CHO \xrightarrow{H_2/Ni} CH_3CH_2OH$$

প্রশ্ন : 3D.50 ইথিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদনের দুটি পদ্ধতির শর্তসহ সমীকরণ দাও।

3D.51 অ্যাসিটিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতির শর্তসহ সমীকরণ দাও।

3D.11 ধর্ম ও বিক্রিয়া (Properties and Reaction)

(1) ইথাইল অ্যালকোহল বর্ণহীন, মিষ্ট গন্ধ ও উগ্র স্বাদযুক্ত, জলাকর্ষী, উদ্বায়ী, দাহ্য তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক 78·1°সে., হিমাঙ্ক −114°সে.)। জলের থেকে হাল্কা (আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·789) এবং তাপ উদ্গীরণসহ ও আয়তন সংকোচনসহ জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে মিশে সমসত্ত্ব দ্রবণ উৎপন্ন করে। বেশীর ভাগ জৈব তরলেই ইথানল দ্রবণীয়। অল্প মাত্রায় সেবনে ইহা উদ্দীপক রূপে কাজ করে, বেশী মাত্রায় বিষাক্ত। ইহা পানে ক্ষতিকারক আসক্তি জন্মে।

[অনুষঙ্গী অ্যালকেন ইথেন অপেক্ষা উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের কারণ হল ইথানল আন্তর আণবীয় হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে ইথেনে যা সম্ভব নয় —পৃঃ 155 দ্রষ্টব্য।]

প্রশ্ন : 3D.52 ইথেন জলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু ইথানল জলে দ্রবীভূত হয় কেন ?

3D.53 ইথেন ও ইথানলের মধ্যে স্ফুটনাঙ্ক কার বেশী ? কেন ?

(2) ইথানল বায়ুতে নীলাভ ঈষৎ দীপ্ত শিখায় জ্বলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও H_2O উৎপন্ন করে : $C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$

ইথানলের বিক্রিয়া হল মূলত কার্যকরী মূলক OH-এর বিক্রিয়া।

(3) ইথানল **জারিত হয়ে** প্রথমে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও পরবর্তী পর্যায়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে : (ইথানল 1° অ্যালকোহল, তাই উৎপন্ন অ্যালডিহাইড ও অ্যাসিডে কার্বন-সংখ্যার পরিবর্তন হয় না।)

$$\underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

(i) অক্সাইড আস্তরণযুক্ত উত্তপ্ত কপারের তার দ্বারা ইথানল অ্যাসিট্যালডিহাইডে জারিত হয় : $CH_3CH_2OH + CuO \longrightarrow CH_3CHO + Cu + H_2O$

(ii) 300°সে. উষ্ণতায় কপার বা সিলভার অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইথানল বায়ু দ্বারা জারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে :

$$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\text{Ag, 300°C}]{\text{বায়ু}} 2CH_3CHO + 2H_2O$$

(iii) **পটাসিয়াম বা সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথানল** জারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে :

$$CH_3CH_2OH + [O] \longrightarrow CH_3CHO + H_2O$$

$$(3CH_3CH_2OH + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4$$
$$\longrightarrow 3CH_3CHO + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O)$$

অ্যাসিট্যালডিহাইডের স্ফুটনাঙ্ক 20·6°সে. সুতরাং উৎপন্ন হওয়া মাত্র ইহা বিক্রিয়া মিশ্রণ থেকে পাতিত হয়ে চলে আসে বলে পুনরায় অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হতে পারে না। এইভাবে পরীক্ষাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি দীর্ঘস্থায়ী হলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(iv) ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা ইথানল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়। উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম ঘটিত অ্যাসবেস্টসের উপর দিয়ে ইথানল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ চালনা করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন : 3D.54 ইথানল থেকে জারণের ফলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ? পদার্থগুলিকে ইথানল থেকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?

(4) **ধাতব সোডিয়াম বা পটাসিয়াম** শীতল অবস্থায় ইথানলের সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া করে দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ইথোক্সাইড উৎপন্ন করে ও হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় : [এই বিক্রিয়া ইথানলের মৃদু আম্লিক ধর্ম প্রকাশ করে]

$$2C_2H_5OH + 2Na = \underset{\text{সোডিয়াম ইথোক্সাইড}}{2C_2H_5ONa} + H_2$$

ইহা জল দ্বারা বিয়োজিত হয়ে ইথানল ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$C_2H_5ONa + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH + NaOH$$

Ca, Mg, Al ইত্যাদি ধাতুও অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যালকোক্সাইড উৎপন্ন করে ও হাইড্রোজেন নির্গত হয়, কিন্তু এই বিক্রিয়াগুলি অপেক্ষাকৃত মৃদুতার সঙ্গে ঘটে।

[ধাতব Ca, বা Mg-এর ব্যবহারে 99% অ্যালকোহল থেকে নির্জল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় (পৃ: 172 দ্রষ্টব্য) : $2C_2H_5OH + Mg \longrightarrow (C_2H_5O)_2Mg + H_2$

$$2C_2\ (C_2H_5O)_2Mg + 2H_2O \longrightarrow 2C_2H_5OH + Mg(OH)_2$$

মিথানলও এইভাবে নির্জল মিথানলে পরিণত করা যায়।]

এই বিক্রিয়াগুলিতে অ্যালকোহলের —OH গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত H পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়।

প্রশ্ন : 3D.55 (i) ইথেন ও ইথানলের মধ্যে কার সঙ্গে ধাতব সোডিয়াম বিক্রিয়া করে? সমীকরণ দাও। এই বিক্রিয়া থেকে ইথানলের গঠন সম্বন্ধে কি ধারণা করা যায়? (ii) ইথানলে Na যোগ করলে H_2 ছাড়া অপর যে পদার্থটি উৎপন্ন হয় তার সংকেত ও নাম লেখ।

3D.56 অ্যালকোক্সাইড কি? সোডিয়াম ইথোক্সাইড প্রস্তুতির একটি সমীকরণ দাও। সোডিয়াম ইথোক্সাইডে জল যোগ করলে কি হয়?

(5) **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড** ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে, সঙ্গে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH_3CH_2OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3CH_2Cl + POCl_3 + HCl$$

প্রতি অণু ইথানল থেকে এক অণু করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়—এতে ইথানলে 1টি —OH গ্রুপের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ইথাইল ক্লোরাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $3CH_3CH_2OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3CH_2Cl + H_3PO_3$

ইথানলের সঙ্গে লাল ফসফরাস ও ব্রোমিন বা আয়োডিনের বিক্রিয়ায় ইথাইল ব্রোমাইড বা ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয় :

$$2P + 3X_2 = 2PX_3\ (X = Br \text{ বা } I)$$

$$3C_2H_5OH + PBr_3 = \underset{\text{ইথাইল ব্রোমাইড}}{3C_2H_5Br} + H_3PO_3$$

$$3C_2H_5OH + PI_3 = \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{3C_2H_5I} + H_3PO_3$$

এই বিক্রিয়াগুলিতে ইথানলের —OH গ্রুপ হ্যালোজেন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

3D.57 ইথানলের OH গ্রুপ কিভাবে Cl, Br ও I দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায়? সমীকরণ দিয়ে দেখাও।

(6) উপযুক্ত নিরুদক যেমন অনার্দ্র $ZnCl_2$, গাঢ় H_2SO_4 ইত্যাদির উপস্থিতিতে (এরা বিক্রিয়াতে অ্যাসিড অনুঘটক রূপেও ক্রিয়া করে) ইথানল অজৈব ও জৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এস্টার ও জল উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া উভমুখী, নিরুদক উৎপন্ন জল শোষণ করে নিয়ে বিক্রিয়াটিকে সম্পূর্ণ করতে সাহায্য করে।

(i) অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড-এর উপস্থিতিতে ইথানলের সঙ্গে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের বিক্রিয়ায় ইথাইল ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয় :

$$C_2H_5OH + HCl \underset{}{\overset{ZnCl_2}{\rightleftharpoons}} C_2H_5Cl + H_2O$$

(ii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইথানল অ্যাসিটিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করলে ফলের মত গন্ধযুক্ত ইথাইল অ্যাসিটেট নামক এস্টার ও জল উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3CO\boxed{OH \quad H}}\underset{\text{ইথানল}}{OC_2H_5} \rightleftharpoons \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

(7) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ইথানলের বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক দুটির আপেক্ষিক পরিমাণ ও উষ্ণতা অনুযায়ী বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয় :

(i) প্রায় 100° সে. উষ্ণতায় গ্রাম অণুর অনুপাতে ইথানলের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$CH_3CH_2OH + H_2SO_4 = \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2HSO_4} + H_2O$$

(ii) অতিরিক্ত H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে প্রায় 165° সে. উষ্ণতায় ইথিলিন উৎপন্ন হয় [তাপ ও অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহলের নিরূদন] ঃ

$$C_2H_5HSO_4 = \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + H_2SO_4$$

(iii) অতিরিক্ত ইথানলের উপস্থিতিতে প্রায় 140° সে. উষ্ণতায় ইথার উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH = \underset{\text{ডাই ইথাইল ইথার}}{C_2H_5{-}O{-}C_2H_5} + H_2SO_4$$

প্রশ্ন ঃ 3D.58 ইথাইল অ্যালকোহলের দুটি এস্টারের সংকেত ও নাম লেখ। এস্টার দুটি প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

3D.59 ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়াগুলি শর্তসহ উল্লেখ কর।

3D.60 ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট থেকে ইথিলিন ও ইথাইল অ্যালকোহল দুটি যৌগই প্রস্তুত করা যায়। শর্তসহ প্রস্তুতি দুটির সমীকরণ দাও।

3D.61 ইথিলিন ও ইথাইল অ্যালকোহলের পারস্পরিক পরিবর্তন ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট নামক যৌগের মাধ্যমিক পদার্থ হিসাবে প্রস্তুতির মাধ্যমে করা যায়। শর্ত ও সমীকরণ সহ দেখাও।

(8) তাপের প্রভাবে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহল নিরূদিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন করে (পৃঃ 103)। ইথানল বাষ্প 350° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে নিরূদিত হয়ে ইথিলিন উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5OH \xrightarrow[350^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

(9) জলীয় ক্লোরিন ইথানলকে অ্যাসিট্যালডিহাইডে জারিত করে, অতিরিক্ত ক্লোরিনের উপস্থিতিতে ক্লোরাল (ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড) উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3CH_2OH + Cl_2 \longrightarrow CH_3CHO + 2HCl$$
$$CH_3CHO + 3Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ক্লোরাল}}{CCl_3CHO} + 3HCl$$

জলীয় ব্রোমিনও ইথানলকে অ্যাসিট্যালডিহাইডে জারিত করে।

(10) (i) ব্লিচিং পাউডারের জলীয় লেই সহযোগে ইথানল উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয় (ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি পৃঃ 144 দেখ)।

প্রশ্ন ঃ 3D.62 Br_2/জল দিয়ে অসম্পৃক্তির পরীক্ষায় ইথাইল অ্যালকোহল দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করা যায় কি ?

3D.63 ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ক্লোরাল প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

(ii) ক্ষার এবং আয়োডিন সহযোগে ঈষৎ উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যালকোহল ফিকে হলুদ বর্ণের বিশিষ্ট গন্ধ বিশিষ্ট কেলাসীয় কঠিন পদার্থ আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ (বা Na_2CO_3) যোগ করে যথেষ্ট পরিমাণ আয়োডিন মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3CH_2OH + I_2 \longrightarrow CH_3CHO + 2HI$$
$$CH_3CHO + 3I_2 \longrightarrow \underset{\text{ট্রাই-আয়োডো অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CI_3CHO} + 3HI$$
$$CI_3CHO + NaOH \longrightarrow CHI_3 + HCOONa$$
$$5HI + 5NaOH \longrightarrow 5NaI + 5H_2O$$

যোগ করে ঃ $CH_3CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH$
$$= CHI_3 + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

আয়োডোফর্ম পরীক্ষা ইথানল অভীক্ষণের একটি বিশিষ্ট পরীক্ষা। জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ ইথানল উপস্থিত থাকলেও এই পরীক্ষার সাহায্যে তা সনাক্ত করা যায়।

পরীক্ষা ঃ 5 ফোঁটা ইথানলকে 2 মিলি. জলে দ্রবীভূত কর। এর মধ্যে 2 মিলি. 5% NaOH দ্রবণ যোগ করে ফোঁটা ফোঁটা করে পটাসিয়াম আয়োডাইডে আয়োডিনের দ্রবণ (আয়োডিন

জলে প্রায় অদ্রাব্য। তাই KI-এর জলীয় দ্রবণে আয়োডিন দ্রবীভূত করা হয়। পটাসিয়াম ট্রাই আয়োডাইড উৎপন্ন করে আয়োডিন দ্রবীভূত হয়ঃ $KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$। এই দ্রবণকে পটাসিয়াম আয়োডাইডে আয়োডিনের দ্রবণ বলা হয়।) যোগ কর যতক্ষণ না আয়োডিনের গাঢ় বর্ণ বর্তমান থাকে। দ্রবণকে ঈষৎ উত্তপ্ত করে শীতল কর। বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের ঈষৎ হলুদ রং-এর কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়।

হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ঃ ট্রাই-হ্যালোমিথেন (CHX_3, X = হ্যালোজেন পরমাণু) হ্যালোফর্ম নামে পরিচিত। যে সকল জৈব যৌগে কার্বন বা হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে কিটো মিথাইল ($CH_3CO—$) গ্রুপ যুক্ত থাকে বা যে সকল জৈব যৌগ বিক্রিয়াকালীন অবস্থায় এইরূপ $CH_3CO—$ গ্রুপ সমন্বিত যৌগে রূপান্তরিত হতে পারে, সেই সকল জৈব যৌগ হ্যালোজেন ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া বলে।

$CH_3—\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}—CH_3H_3$	$CH_3—\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}—H$
কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত CH_3CO গ্রুপ	হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত CH_3CO গ্রুপ

উদাহরণ ঃ (a) অ্যাসিটোন ($CH_3—\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}—CH_3$) জলীয় ব্লিচিং পাউডারের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম (সমীকরণের জন্য পৃঃ 145 দেখ) এবং আয়োডিন ও ক্ষারসহ উত্তপ্ত করলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

(b) ইথানল (গঠন CH_3CH_2OH—বিক্রিয়াকালীন অবস্থায় প্রথমে জারিত হয়ে CH_3CO সমন্বিত যৌগ $CH_3—\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}—H$ যৌগে রূপান্তরিত হয়) জলীয় ব্লিচিং পাউডার সহ উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম (পৃঃ 144) এবং আয়োডিন ও জলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ উত্তপ্ত করলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে (পৃঃ 148)।

নিম্নের গঠন-সঙ্কেত সম্পন্ন জৈব যৌগসমূহ হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় ঃ

(a) $R—\overset{H}{\underset{OH}{C}}—CH_3$

(i) R = H, যৌগটি CH_3CH_2OH (ইথানল), [ইথানলই একমাত্র প্রাইমারী অ্যালকোহল যা হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।]

(ii) R = অ্যালকিল গ্রুপ যেমন, $CH_3CH(OH)CH_3$ (আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল)

[CH_3CHOH—গ্রুপযুক্ত অ্যালিফেটিক সেকেন্ডারী অ্যালকোহল হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।]

(iii) R = অ্যারাইল গ্রুপ। যেমন, $C_6H_5CH(OH)CH_3$

(b) $R—\underset{\underset{O}{\parallel}}{C}—CH_3$

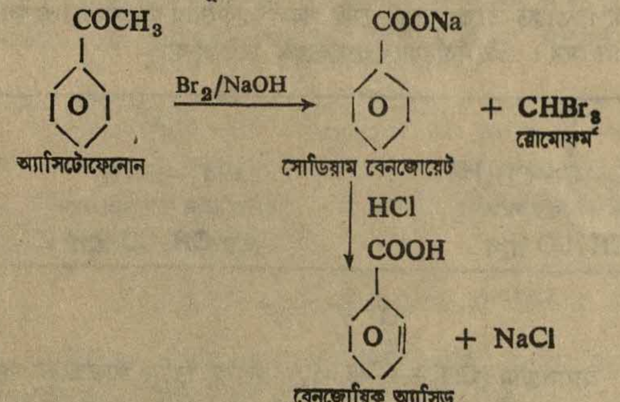
(i) R = H, যৌগটি CH_3CHO (অ্যাসিট্যালডিহাইড) [অ্যাসিট্যালডিহাইডই একমাত্র অ্যালডিহাইড যা হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া দেয়।]

(ii) R = অ্যালকিল গ্রুপ। যেমন, CH_3COCH_3
(অ্যাসিটোন)

[CH_3CO যুক্ত সব অ্যালিফেটিক কিটোন হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।]

(iii) R = অ্যারাইল গ্রুপ। যেমন, $C_6H_5COCH_3$।

হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ার সাহায্যে (1) হ্যালোফর্ম প্রস্তুত করা যায়, (2) জৈব যৌগে CH_3CO— গ্রুপের উপস্থিতি সনাক্ত করা যায়, (3) জৈব অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়—যেমন, অ্যাসিটোফেনোন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ঃ



ফ্লোরোফর্ম (CHF_3) এই রকম বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় না। আবার কার্বন পরমাণুর সঙ্গে কিটোমিথাইল গ্রুপ থাকলেই হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া হয় না। যেমন, ইথাইল অ্যাসেটোঅ্যাসিটেট ($CH_3COCH_2COOC_2H_5$) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া দেয় না। এর কারণ পরে জানবে।

প্রশ্ন ঃ 3D.64 হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় এমন একটি (i) প্রাইমারী অ্যালকোহল, (ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, (iii) অ্যালডিহাইড, (iv) কিটোনের গঠন ও নাম লেখ।

3D.65 (a) **নীচের যৌগগুলির মধ্যে কোনগুলি হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়—**

(i) $CH_3C(=O)—Cl$, (ii) $CH_3COCH_2CH_3$

(iii) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$ (iv) $CH_3CH_2CH_2OH$

(v) CH_3CH_2OH, (vi) $CH_3C(=O)—OH$

(vii) $CH_3COC_6H_5$, (viii) CH_3CONH_2,

(ix) CH_3COCH_3, (x) CH_3CH_2CHO,

(xi) CH_3CHO, (xii) $C_6H_5CH(OH)CH_3$

(xiii) $CH_3COOCOCH_3$, (xiv) $CH_3—C(=O)—OC_2H_5$,

(xv) $CH_3CH_2CH(OH)C_2H_5$, (xvi) $CH_3COCH_2COOC_2H_5$,

(xvii) $C_6H_5COC_6H_5$, (xviii) $CH_3CH=CHCH_2COCH_3$,

(xix) $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$, (xx) $CH_3CO—Br$,

(b) বিউটানলগুলির মধ্যে কোন্‌টি হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় ? কেন ?

3D.66 নীচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা ঃ

(i) যে কোন কিটোনই হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।

(ii) কোন অ্যালডিহাইড হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না।

(iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দিতেও পারে নাও পারে।

(iv) কোন জৈব যৌগে CH_3CO গ্রুপ উপস্থিত থাকলেই যৌগটি হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।

(v) একটি মাত্র প্রাইমারী অ্যালকোহল হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়।

(vi) কোন কোন সেকেন্ডারী অ্যালকোহল হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে এবং এই অ্যালকোহলগুলিতে $CH_3CH(OH)$ উপস্থিত থাকেই।

3D.67 নীচের বিক্রিয়াগুলিতে উৎপন্ন জৈব যৌগগুলির গঠন ও নাম লেখ।

(i) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{I_2/NaOH} A + B$

(ii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{Cl_2/NaOH} C + D$

(iii) $C_6H_5COCH_3 \xrightarrow{Br_2/NaOH} E + F$

(iv) $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{I_2/NaOH} G + H$

(v) $CCl_3CHO \xrightarrow{NaOH} I + J$

(11) **অ্যাসিটাইলেশন বিক্রিয়া ঃ** সাধারণ উষ্ণতায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে তীব্রতাসহ বিক্রিয়া করে ইথাইল অ্যাসিটেট ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। এক মোল ইথানল থেকে 1 মোল HCl উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_2H_5OH + CH_3COCl \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl\uparrow$$

ইথানল, অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, ইথাইল অ্যাসিটেট

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডও ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5OH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

ইথানল, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, ইথাইল অ্যাসিটেট, অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(12) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের উপস্থিতিতে বেনজয়িল ক্লোরাইড ইথানলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ইথাইল বেনজোয়েট উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5OH + C_6H_5COCl \longrightarrow C_6H_5COOC_2H_5 + HCl$$

ইথানল, বেনজয়িল ক্লোরাইড, ইথাইল বেনজোয়েট

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

বিক্রিয়াটি বেনজয়িলেশন (benzoylation) বিক্রিয়া বলে পরিচিত। এই বিক্রিয়ায় OH গ্রুপের হাইড্রোজেন বেনজয়িল গ্রুপ (C_6H_5CO) দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

3D.68 A, B, C, D, E-এর সংকেত ও নাম লেখ ঃ

(i) $C_2H_5OH \xrightarrow{CH_3COCl} A + B$

(ii) $C_2H_5OH \xrightarrow[NaOH]{C_6H_5COCl} C + D + E$

3D.12 পরিচায়ক পরীক্ষা (Indentification)

(1) লোহিত তপ্ত কপার-তার দ্বারা জারণের ফলে ইথানল অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে (একটি পরীক্ষানলে ইথানল বা ইথানলের জলীয় দ্রবণ নিয়ে একটি বিকারের মধ্যে নেওয়া শীতল জলে ঠাণ্ডা করা হয় এবং কপারের তার লোহিত তপ্ত করে বার বার ইথানলের মধ্যে ডোবানো হয়)। উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড (i) শিফ-বিকারকের গোলাপী রঙ ফিরিয়ে আনে, (ii) অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ থেকে সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে (দ্রবণ কালো হয়ে যায়)।

(2) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পাতিত করলেও ইথানল অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে। উপরে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড সনাক্ত করা হয়।

(3) আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ সহ ইথানল উত্তপ্ত করে ঠাণ্ডা করলে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদ রঙের কেলাস উৎপন্ন হয় (আয়োডোফর্ম পরীক্ষা)। ক্ষার হিসাবে অ্যামোনিয়া ব্যবহার করলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয় না (অ্যাসিটোনের সঙ্গে পার্থক্য)।

(4) অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করলে ইথানল ফলের মত সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

মেথিলেটেড স্পিরিট : ইথাইল অ্যালকোহলের স্বাভাবিকতা নষ্ট করার জন্য (denaturalisation) অর্থাৎ পানের অযোগ্য করার জন্য রেকটিফায়েড স্পিরিটের মধ্যে 10% পর্যন্ত মিথাইল অ্যালকোহল যোগ করা হয়। অনেক সময় এর সঙ্গে কোন উৎকট স্বাদযুক্ত পদার্থ যেমন পিরিডিন, ন্যাপথা ও কোন রঞ্জক পদার্থ যোগ করা হয়। এই মিথাইল অ্যালকোহল যুক্ত রেকটিফায়েড স্পিরিটকে মেথিলেটেড স্পিরিট বলে। মেথিলেটেড স্পিরিট একটি অতি প্রয়োজনীয় পদার্থ এবং বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়—যেমন পেণ্ট, বার্নিশের দ্রাবক হিসাবে, জ্বালানী হিসাবে, বাড়ীতে স্টোভ ইত্যাদি জ্বালাতে প্রচুর পরিমাণে মেথিলেটেড স্পিরিট ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহলযুক্ত পানীয়ের উপর প্রচুর পরিমাণে আবগারী শুল্ক ধার্য থাকে। আবার রেকটিফায়েড স্পিরিটও শিল্পে এবং নানা দৈনন্দিন প্রয়োজনে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। যাতে এই অ্যালকোহল পানীয়রূপে ব্যবহার করা না যায় তাই অ্যালকোহলের স্বাভাবিকতা নষ্ট করে মেথিলেটেড স্পিরিট হিসাবে বাজারে ছাড়া হয়।

রেকটিফায়েড স্পিরিটের স্বাভাবিকতা অন্য ভাবেও নষ্ট করা হয়ে থাকে এবং মেথিলেটেড স্পিরিট এই সাধারণ নামেই এদের চিহ্নিত করা হয়। আমাদের দেশে সাধারণত রবার নির্যাস ও পিরিডিন যোগ করে রেকটিফায়েড স্পিরিটকে পানের অনুপযুক্ত করা হয়।

3D.13 ইথাইল অ্যালকোহলের ব্যবহার

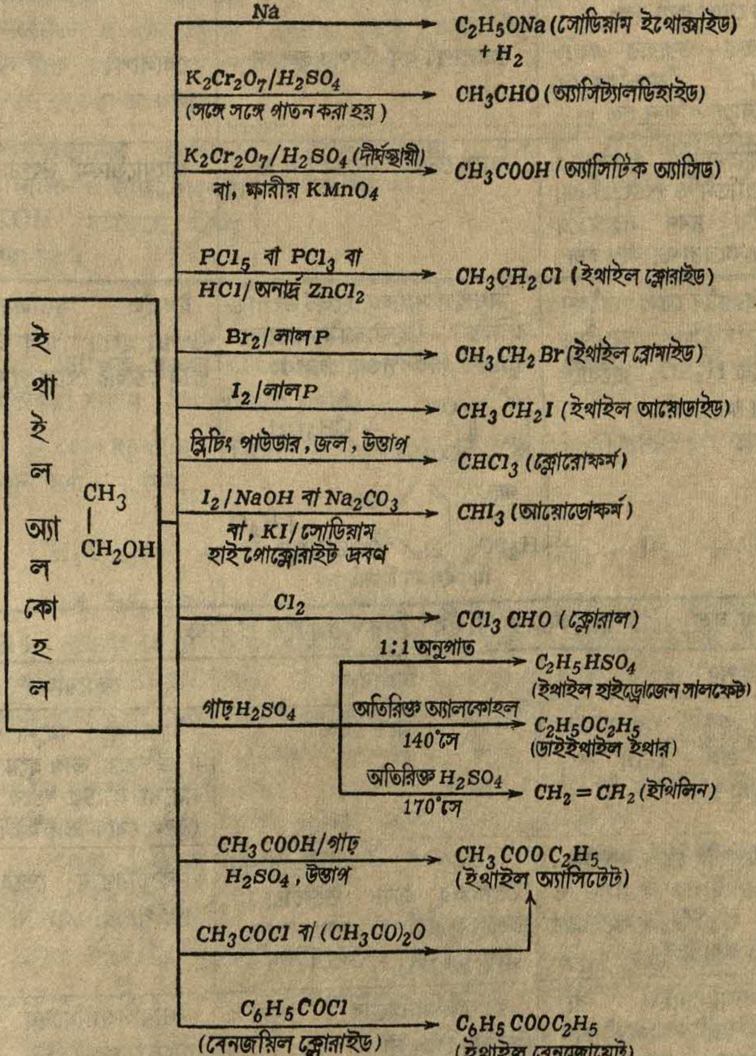
(1) ইথাইল অ্যালকোহল একটি গুরুত্বপূর্ণ দ্রাবক এবং শিল্পে রজন, বার্নিশ, সাবান, সুগন্ধি, রঞ্জক পদার্থ এবং ঔষধের দ্রাবকরূপে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(2) অনেক জৈব যৌগ বিশেষতঃ অ্যাসিট্যালডিহাইড, ইথাইল এস্টারসমূহ, ইথাইল হ্যালাইডসমূহ, ডাইইথাইল ইথার, ক্লোরাল, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি উৎপাদনে ইথানল ব্যবহৃত হয়।

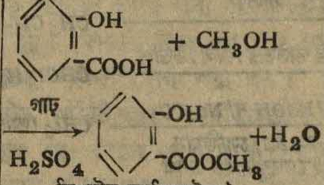
(3) একক হিসাবে বা পেট্রোলের সঙ্গে মিশিয়ে জ্বালানীরূপে ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়। মোটর গাড়ীর জ্বালানীতে পেট্রোলের সঙ্গে ইথাইল অ্যালকোহল মিশিয়ে অনেক দেশে ব্যবহার করা হয়।

(4) নানা প্রকারের অ্যালকোহলযুক্ত পানীয় (বিয়ার, হুইস্কি, ব্র্যান্ডি, রাম, জিন ইত্যাদি) প্রস্তুত করতে ইথানল ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়া



মিথানল ও ইথানলের পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা ঃ

পরীক্ষা	মিথানল	ইথানল
(1) $K_2Cr_2O_7$ ও গাঢ় $H_2SO_4(1:1)$ সহযোগে পাতিত করা হল।	[জারণের ফলে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়]।	[জারণের ফলে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড উৎপন্ন হয়।]
(i) পাতিত তরলের একটি অংশ প্রশমিত করে 2—3 ফোঁটা সদ্য প্রস্তুত $FeCl_3$ দ্রবণ যোগ করা হল।	লাল রং উৎপন্ন হল না।	লাল রং উৎপন্ন হল।
(ii) পাতিত তরলের একটি অংশ শিফ-বিকারক সহযোগে ঝাঁকান হল।	গোলাপী বর্ণ উৎপন্ন হল না।	গোলাপী বর্ণ উৎপন্ন হল।
(2) **আয়োডোফর্ম পরীক্ষা ঃ** আয়োডিন ও NaOH-এর জলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে ঠাণ্ডা করা হল।	আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হল না।	আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হল।
(3) **উইন্টারগ্রীন তেল পরীক্ষা ঃ** স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।	মিথাইল স্যালিসাইলেট উৎপত্তি-জনিত উইন্টারগ্রীন তেলের বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া গেল।  মিথাইল স্যালিসাইলেট	ইথাইল স্যালিসাইলেট উৎপন্ন হল। গন্ধ উইন্টার গ্রীন তেলের থেকে পৃথক।

মিথানল ও ক্লোরোফর্মের পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা ঃ

পরীক্ষা	মিথানল	ক্লোরোফর্ম
1. নমুনা একটি পরীক্ষানলে নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকানো হল।	সম্পূর্ণত মিশে গেল।	মিশল না। নমুনা ও জল দুটি স্তরে ভাগ হয়ে গেল। নমুনা নীচের স্তরে থাকল (জল থেকে ভারী)।
2. **উইন্টারগ্রীন তেল পরীক্ষা ঃ** স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।	মিথাইল স্যালিসাইলেট উৎপন্নের জন্য উইন্টারগ্রীন তেলের বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া গেল। (সমী ঃ উপরে দেখ)।	উইন্টারগ্রীন তেলের মত গন্ধ পাওয়া গেল না।
3. **আইসোসায়ানাইড বা কার্বিলঅ্যামিন পরীক্ষা ঃ** অ্যানিলিন ও অ্যালকোহলীয় KOH সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।	কার্বিলঅ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল না।	কার্বিলঅ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল।
4. ফেলিং দ্রবণ (I ও II) সম-আয়তনে মিশিয়ে নমুনা যোগ করে উত্তপ্ত করা হল।	Cu_2O-এর লাল অধঃক্ষেপ পড়ল না।	Cu_2O-এর লাল অধঃক্ষেপ পড়ল।

ইথানল ও ক্লোরোফর্মের পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা :

পরীক্ষা	ইথানল	ক্লোরোফর্ম
1. নমুনা একটি পরীক্ষানলে নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকানো হল।	সম্পূর্ণত মিশে গেল।	মিশল না। নমুনা ও জল দুটি স্তরে ভাগ হয়ে গেল। নমুনা নীচের স্তরে থাকল।
2. **আয়োডোফর্ম পরীক্ষা :** আয়োডিন ও NaOH-এর জলীয় দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে ঠান্ডা করা হল।	বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস উৎপন্ন হল।	আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হল না।
3. **কার্বিলঅ্যামিন পরীক্ষা :** অ্যানিলিন ও অ্যালকোহলীয় KOH সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।	কার্বিলঅ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল না।	কার্বিলঅ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল।

তাত্ত্বিক ফলন (Theoretical yield), **প্রকৃত ফলন** (Actual yield) এবং **শতকরা ফলন** (Percentage yield) :

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে যে ফলন (yield) পাওয়া যায় তাকে তাত্ত্বিক ফলন বলে। যেমন,

$$CH_3CH_2OH + [H_2SO_4] \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_2 = CH_2 + H_2O + [H_2SO_4]$$

এই বিক্রিয়াটিতে সমীকরণ অনুযায়ী 1 মোল ইথানল থেকে 1 মোল ইথিলিন উৎপন্ন হয়। সুতরাং 46 গ্রাম (1 মোল) ইথানল থেকে 28 গ্রাম (1 মোল) ইথিলিন পাওয়া যায়—এটাই হল তাত্ত্বিক ফলন। তাত্ত্বিক ফলনের জন্য সমীকরণে নির্দিষ্ট বিক্রিয়াজাতরই পরিমাণগত উৎপত্তি ধরা হয়—কোন পার্শ্বজাতকে বাদ রাখা হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ বিক্রিয়ক থেকে প্রকৃত পরীক্ষার দ্বারা কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়াজাত-র নির্ণীত ফলনই হল প্রকৃত ফলন। যেমন যদি 46 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল থেকে 20 গ্রাম ইথিলিন প্রকৃত পরীক্ষায় পাওয়া যায় তবে এটাই ইথিলিনের প্রকৃত ফলন।

কোন বিক্রিয়ার **উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ শতকরা ফলন** (Percentage yield) হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

$$\textbf{শতকরা ফলন (Percentage yield)} = \frac{\textbf{প্রকৃত ফলন (Actual yield)}}{\textbf{তাত্ত্বিক ফলন (Theoretical yield)}} \times 100$$

উদাহরণ 1. 5 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে 170°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে 2·5 গ্রাম ইথিলিন পাওয়া গেল। ইথিলিনের শতকরা ফলন নির্ণয় কর।

সমাধান : বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{46}{C_2H_5OH} + [H_2SO_4] \longrightarrow \underset{28}{C_2H_4} + H_2O + [H_2SO_4]$$

সমীকরণ অনুযায়ী 46 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল 28 গ্রাম ইথিলিন উৎপন্ন করে (তাত্ত্বিক ফলন)।

$\therefore$ 5 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ইথিলিনের তাত্ত্বিক ফলন $= \frac{28 \times 5}{46}$ গ্রাম

আবার, 5 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ইথিলিনের প্রকৃত ফলন = 2·5 গ্রাম

$\therefore$ ইথিলিনের শতকরা ফলন = $\frac{\text{প্রকৃত ফলন}}{\text{তাত্ত্বিক ফলন}} \times 100$

$$= \frac{2{\cdot}5 \times 46 \times 100}{28 \times 5} = 82{\cdot}17$$

উদাহরণ 2. মনে করি অ্যাসিটোনের সঙ্গে অতিরিক্ত আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের ক্রিয়ায় 60% আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়। 5 গ্রাম অ্যাসিটোন নিয়ে ঐ বিক্রিয়া ঘটালে কি পরিমাণ আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়? (I = 127)

সমাধান :

$$\underset{58}{CH_3COCH_3} + 3I_2 + 4NaOH \longrightarrow \underset{394}{CHI_3} + 3NaI + CH_3COONa + 3H_2O$$

58 গ্রাম অ্যাসিটোন থেকে আয়োডোফর্মের তাত্ত্বিক ফলন হল 394 গ্রাম।

প্রশ্নানুসারে শতকরা ফলন 60%।

সুতরাং 58 গ্রাম অ্যাসিটোন থেকে আয়োডোফর্মের প্রকৃত ফলন

$$= \frac{394 \times 60}{100} \text{ গ্রাম বা } 236{\cdot}4 \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ 5 গ্রাম অ্যাসিটোন থেকে আয়োডোফর্ম পাওয়া যায়

$$= \frac{236{\cdot}4 \times 5}{58} \text{ গ্রাম বা } 20{\cdot}38 \text{ গ্রাম}$$ (উত্তর)

উদাহরণ 3. মনে করি পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল নিরুদিত (dehydration) হয়ে 50% ইথিলিন উৎপন্ন হয় এবং ঐ উৎপাদিত ইথিলিন ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 80% যৌগ উৎপন্ন করে। 0·5 মোল ইথানল থেকে কত ওজনের ইথিলিন ডাইব্রোমাইড পাওয়া যেতে পারে তা হিসাব করে দেখাও। (ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = 80)। [W.B.H.S. 1986]

সমাধান :

$$\underset{46}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{-H_2O} \underset{28}{CH_2 = CH_2}$$

46 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল থেকে তত্ত্বগতভাবে উৎপন্ন হয় 28 গ্রাম ইথিলিন (তাত্ত্বিক ফলন বা Theoretical yield)। কিন্তু প্রশ্নানুসারে শতকরা ফলন (percentage yield) 50% অর্থাৎ, 46 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ইথিলিনের প্রকৃত ফলন (actual yield) হল

$$\frac{28 \times 50}{100} \text{ গ্রাম বা } 14 \text{ গ্রাম।}$$

$\therefore$ 0·5 মোল বা 23 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ইথিলিনের প্রকৃত ফলন

$$\frac{14 \times 23}{46} \text{ গ্রাম বা } 7 \text{ গ্রাম।}$$

আবার, $CH_2 = CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2BrCH_2Br$

(ইথিলিন) 28 → (ইথিলিন ডাইব্রোমাইড) 188

28 গ্রাম ইথিলিন থেকে তত্ত্বগতভাবে 188 গ্রাম ইথিলিন ডাইব্রোমাইড পাওয়া যায়। কিন্তু প্রশ্নানুসারে শতকরা ফলন 80% অর্থাৎ, 28 গ্রাম ইথিলিন থেকে ইথিলিন ডাইব্রোমাইডের প্রকৃত ফলন হল $\frac{188 \times 80}{100}$ গ্রাম বা 150·4 গ্রাম।

∴ 7 গ্রাম ইথিলিন থেকে উৎপন্ন ইথিলিন ডাইব্রোমাইডের পরিমাণ হল

$$\frac{150{\cdot}4 \times 7}{28} \text{ গ্রাম বা } 37{\cdot}6 \text{ গ্রাম}$$

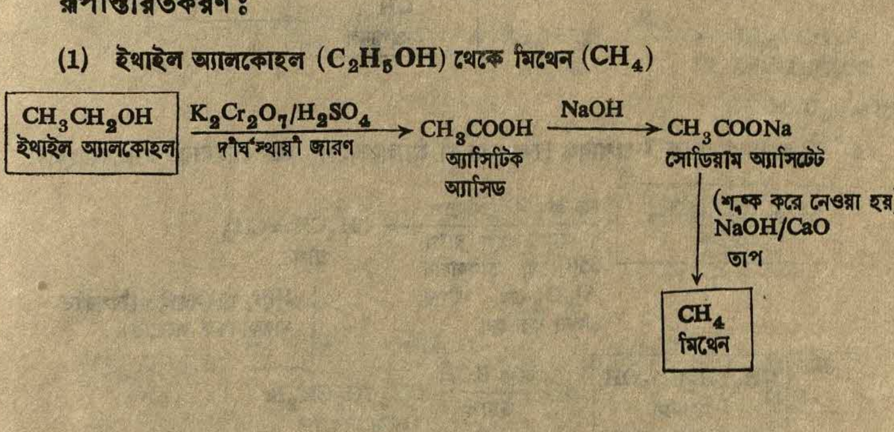
∴ **0·5 মোল ইথানল থেকে 37·6 গ্রাম বা 0·2 মোল ইথিলিন ডাইব্রোমাইড পাওয়া যেতে পারে (উত্তর)।**

রূপান্তরিতকরণ—দ্বিতীয় পর্যায়ঃ

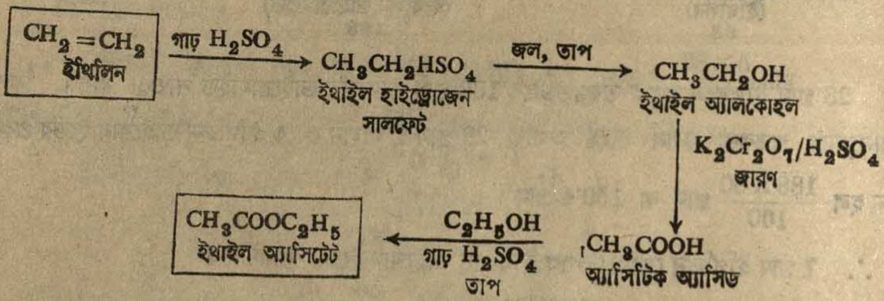
এই পর্যায়ে অ্যালকোহল পর্যন্ত আরও কিছু নতুন বিক্রিয়া শেখা হয়েছে এবং বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণীর মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক এবং একই সমগণীয় শ্রেণীর বিভিন্ন সদস্যের মধ্যে পারস্পরিক রূপান্তরশীলতা সম্বন্ধে ধারণার পরিধি বেড়েছে। এই বিক্রিয়াগুলির উপযুক্ত প্রয়োগের মাধ্যমেই জৈব রসায়ন আয়ত্ত করা সম্ভব হয়। নীচে এই ধরনের কিছু রূপান্তরিতকরণ দেখানো হল। এই পর্যন্ত শেখা বিক্রিয়াগুলি মনে রাখার জন্য কিছু পুনরাবৃত্তি করা হল। রূপান্তরিতকরণের সময় একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন—যে পথ অনুসরণ করলে সব থেকে কম ধাপ ব্যবহার করা যায় সেই পথই ব্যবহার করা বাঞ্ছনীয়। কেননা প্রতিটি ধাপেই উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ কমতে থাকে। এটি সাধারণ ভাবে প্রযোজ্য হলেও এর ব্যতিক্রম আছে। যেমন এমন হতে পারে একটি যৌগ প্রস্তুতিতে তিনটি ধাপ ব্যবহার করেও যে পরিমাণ পদার্থ পাওয়া যায় অপর এক পদ্ধতিতে একটি ধাপে তার থেকে কম পরিমাণ পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে তিনটি ধাপের পদ্ধতিটিই ব্যবহার করা হয়। আবার উৎপন্ন পদার্থের বিশুদ্ধতা এবং অপর উৎপন্ন পদার্থ থেকে পৃথক করতে কি রকম অসুবিধা হয় তার উপরও কোন্ পদ্ধতি ব্যবহার করা হবে নির্ভর করে। তবে প্রাথমিক পর্যায়ে এই সম্পর্কে বেশী চিন্তা না করলেও চলবে শুধু বিক্রিয়াগুলির যথার্থ প্রয়োগ শেখাই যথেষ্ট।

রূপান্তরিতকরণঃ

(1) ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) থেকে মিথেন (CH_4)



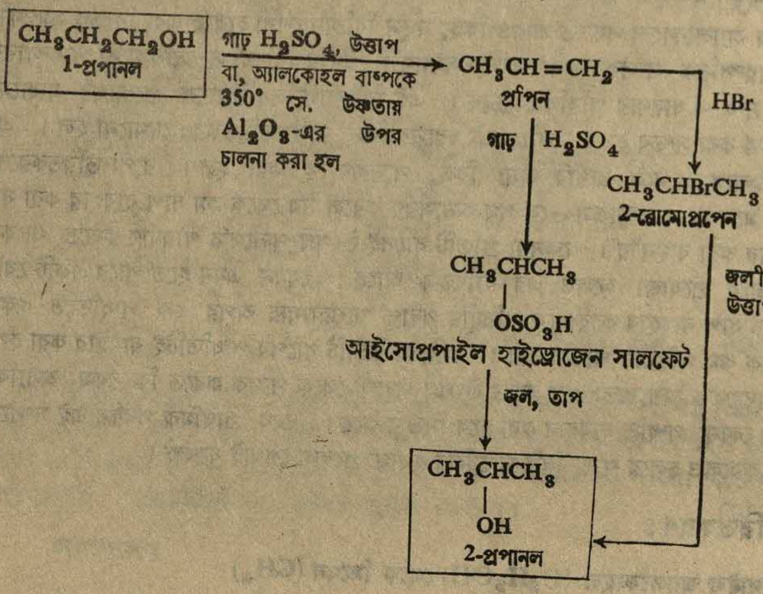
(2) ইথিলিন ($CH_2=CH_2$) থেকে ইথাইল অ্যাসিটেট ($CH_3COOC_2H_5$)



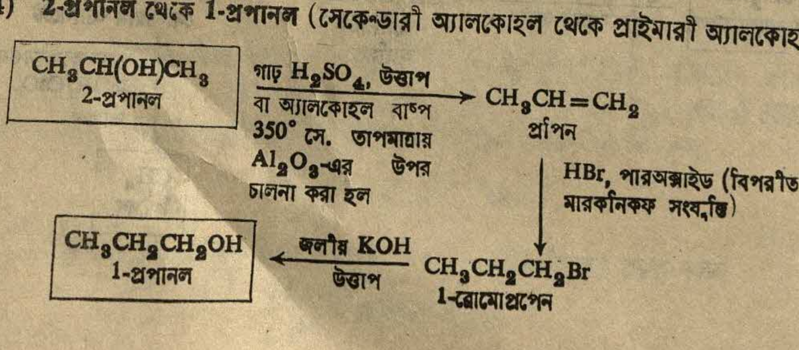
[ইথিলিন থেকেই প্রয়োজনীয় ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।]

(3) 1-প্রপানল ($CH_3CH_2CH_2OH$) থেকে 2-প্রপানল ($CH_3CH(OH)CH_3$) :

[প্রাইমারী অ্যালকোহল থেকে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল]



(4) **2-প্রপানল থেকে 1-প্রপানল** (সেকেন্ডারী অ্যালকোহল থেকে প্রাইমারী অ্যালকোহল)।



(5) **ইথানল থেকে 1-প্রপানল**

$$\underset{\text{ইথানল}}{\boxed{CH_3CH_2OH}} \xrightarrow{\text{লাল } P+I_2} \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{CH_3CH_2I} \xrightarrow{KCN} \underset{\text{ইথাইল সায়ানাইড}}{CH_3CH_2CN}$$

$$\underset{\text{ইথাইল সায়ানাইড}}{CH_3CH_2CN} \xrightarrow[\text{বিজারণ}]{Na/\text{অ্যালকোহল}} \underset{\text{1-অ্যামিনোপ্রপেন}}{CH_3CH_2CH_2NH_2} \xrightarrow[{[HNO_2]}]{NaNO_2/HCl} \underset{\text{1-প্রপানল}}{\boxed{CH_3CH_2CH_2OH}}$$

[**দ্রষ্টব্য :** (1) নিম্নতর সমগণ থেকে উচ্চতর সমগণ প্রস্তুতিতে কার্বনযুক্ত কোন কার্যকরী গ্রুপ যোগ করা প্রয়োজন। এইজন্য —**CN** গ্রুপ খুবই উপযুক্ত। অ্যালকিল হ্যালাইডের উপর **KCN**-এর বিক্রিয়ায় —**CN** গ্রুপ সহজেই যোগ করা যায় :

$$RX \xrightarrow{KCN} RCN + KX$$
$$(X = Cl, Br, I)$$

(2) —**CN** গ্রুপ Na/ইথানল দিয়ে বিজারিত করে —CH_2NH_2-তে পরিণত করা যায় :

$$RCN \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} RCH_2NH_2$$]

(6) **মিথানল থেকে ইথানল**

$$\underset{\text{মিথানল}}{CH_3OH} \xrightarrow{\text{লাল} P/I_2} CH_3I \xrightarrow{KCN} CH_3CN \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} CH_3CH_2NH_2 \xrightarrow[{[HNO_2]}]{NaNO_2/HCl} \underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH}$$

(7) **ইথানল থেকে n-বিউটেন**

$$\underset{\text{ইথানল}}{\boxed{CH_3CH_2OH}} \xrightarrow{\text{লাল } P/I_2} \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{CH_3CH_2I} \xrightarrow[\text{ভুর্ৎস বিক্রিয়া}]{Na/\text{ইথার}} \underset{\text{n-বিউটেন}}{\boxed{CH_3CH_2CH_2CH_3}}$$

(8) **ইথানল থেকে অ্যাসিটিলিন**

$$\underset{\text{ইথানল}}{\boxed{CH_3CH_2OH}} \xrightarrow[170^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \text{ (অতিরিক্ত)}} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2=CH_2} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{1, 2-ডাইব্রোমোইথেন}}{CH_2BrCH_2Br} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{KOH/C_2H_5OH} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{\boxed{HC\equiv CH}}$$

(9) **ইথানল থেকে ইথেন**

$$\underset{\text{ইথানল}}{\boxed{CH_3CH_2OH}} \xrightarrow[170^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \text{ (অতিরিক্ত)}} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2=CH_2} \xrightarrow{H_2/Ni} \underset{\text{ইথেন}}{\boxed{CH_3CH_3}}$$

[**প্রশ্ন 3D.69** আর দুটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে ইথানলকে ইথেনে রূপান্তরিত কর।]

● কয়েকটি সমস্যা ও তাদের সমাধান :

1. একটি বর্ণহীন উদ্বায়ী জৈব তরল (A) ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে। (A) আয়োডিন ও লাল ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অপর একটি জৈব যৌগ (B) উৎপন্ন করে। ইথার মাধ্যমে (B)-এর সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় ইথেন উৎপন্ন হয়। (A) ও (B) সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি কি ঘটে দেখাও।

সমাধান : (1) (B) ইথার মাধ্যমে ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথেন উৎপন্ন করে।

∴ B মিথাইল হ্যালাইড এবং বিক্রিয়াটি ভুর্ৎস বিক্রিয়া এবং যেহেতু (A)-র সঙ্গে I_2/লাল P-এর বিক্রিয়ায় (B) উৎপন্ন হয় (B) যৌগটি হল মিথাইল আয়োডাইড।

বিক্রিয়া : $$\underset{\text{মিথাইল আয়োডাইড}}{2CH_3I} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{ইথেন}}{CH_3{-}CH_3} + 2NaI$$

(2) (A) ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে।

∴ (A)-তে ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনশীল হাইড্রোজেন বর্তমান।

আবার (A)-র সঙ্গে I_2/লাল P-এর বিক্রিয়ায় মিথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

∴ (A) যৌগটি মিথাইল অ্যালকোহল।

বিক্রিয়া : (1) $$\underset{\text{মিথানল}}{2CH_3OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম মিথোক্সাইড}}{2CH_3\overset{-}{O}\overset{+}{Na}} + H_2$$

(2) $$2P + 3I_2 \longrightarrow 2PI_3$$
$$3CH_3OH + PI_3 \longrightarrow 3CH_3I + H_3PO_3$$

2. C_2H_6O আণবিক সংকেতযুক্ত একটি জৈব তরল ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে এবং আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। জৈব তরলটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান : (1) জৈব তরলের আণবিক সংকেত অ্যালিফেটিক মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল ও ইথারের সাধারণ সংকেতের (উভয় ক্ষেত্রেই সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$) সঙ্গে মেলে।

∴ তরলটি অ্যালকোহল বা ইথার।

(2) তরলটির সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয়।

∴ তরলটি ইথার নয়, অ্যালকোহল।

(3) তরলটি আয়োডিন ও NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। দুটি কার্বন পরমাণুযুক্ত সম্পৃক্ত অ্যালকোহল একমাত্র ইথাইল অ্যালকোহলই হতে পারে এবং ইথাইল অ্যালকোহল আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

∴ জৈব তরলটি **ইথাইল অ্যালকোহল (CH_3CH_2OH)**।

বিক্রিয়াগুলি হল :

(1) $$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2CH_3CH_2OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ইথোক্সাইড}}{2CH_3CH_2O\overset{+}{Na}} + H_2$$

(2) $$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} + 4I_2 + 6NaOH \longrightarrow \underset{\text{আয়োডোফর্ম}}{CHI_3} + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

3. একটি জৈব তরলের জারণের ফলে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড যৌগ উৎপন্ন হয়। জৈব তরলটি এবং অ্যালডিহাইড উভয়েই আয়োডিন ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। জৈব তরলটির নিরুদনের ফলে একটি অ্যালকিন পাওয়া যায় এবং অ্যালকিনটি ওজোন-বিশ্লেষের ফলে শুধু মিথান্যাল উৎপন্ন করে। জৈব তরলটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান ঃ (1) যেহেতু জৈব তরলটির জারণের ফলে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড পাওয়া যায় সুতরাং, জৈব তরলটি একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল।

(2) এখন একমাত্র প্রাইমারী অ্যালকোহল ইথানল এবং একমাত্র অ্যালডিহাইড ইথান্যাল আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং ইথানলের জারণের ফলে ইথান্যাল উৎপন্ন হয়। সুতরাং জৈব তরলটি ইথানল (CH_3CH_2OH)।

(3) জৈব তরলটির নিরুদনের ফলে উৎপন্ন অ্যালকিনের ওজোন-বিশ্লেষে শুদ্ধ মিথান্যাল (HCHO) পাওয়া যায়।

∴ অ্যালকিনটি ইথিলিন ($CH_2 = CH_2$)। ইথানলের নিরুদনের ফলে ইথিলিন পাওয়া যায়। সুতরাং এই বিক্রিয়াও প্রমাণ করে যে জৈব তরলটি ইথানল।

বিক্রিয়া ঃ

(1) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{[O]} CH_3CHO$

(2) $CH_3CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH \longrightarrow CHI_3 + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$

(3) $CH_3CHO + 3I_2 + 4NaOH \longrightarrow CHI_3 + 3NaI + HCOONa + 3H_2O$

(4) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{-H_2O} H_2C = CH_2$

(5) $CH_2 = CH_2 + O_3 \longrightarrow \underset{O\text{———}O}{CH_2\text{—}O\text{—}CH_2} \xrightarrow{H_2O} HCHO + HCHO$

4. C_3H_8O আণবিক সংকেতযুক্ত একটি জৈব তরল (A) নিরুদনের ফলে অপর একটি জৈব যৌগ (B) উৎপন্ন করে। (B)-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। (A) আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। (A) ও (B) যৌগ দুটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান ঃ (1) (B)-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং (B) যৌগটি প্রপিন ($CH_3CH = CH_2$)।

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow{O_3} \underset{O\text{———}O}{CH_3CH\text{—}O\text{—}CH_2} \xrightarrow{H_2O} CH_3CHO + HCHO$$

(2) (B)-এর নিরুদনের ফলে প্রপিন উৎপন্ন হয়।

∴ B যৌগটি $\underset{|\atop OH}{CH_3CHCH_3}$ (2-প্রপানল) বা $CH_3CH_2CH_2OH$ (1-প্রপানল)

(3) (A) আয়োডিন ও NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। 2-প্রপানল আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে ($CH_3CH(OH)$-গ্রুপযুক্ত 2° অ্যালকোহল) কিন্তু 1-প্রপানল করে না।

∴ (A) যৌগটি **2-প্রপানল** ($CH_3CHOHCH_3$)।

$$CH_3CHOHCH_3 \xrightarrow{I_2} CH_3COCH_3 \xrightarrow{I_2}$$

$$CI_3COCH_3 \xrightarrow{NaOH} CHI_3 + CH_3COONa$$

5. C_3H_8O আণবিক সংকেতযুক্ত দুটি জৈব যৌগ (A) ও (B) উভয়েই ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে। উভয়ের বাষ্পই 350°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করলে একই যৌগ (C) (আণবিক সংকেত C_3H_6) উৎপন্ন হয়। (C)-এর ওজোন-বিশ্লেষে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। (C)-এর সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে (D) জলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে (A) পাওয়া যায়। আবার (C)-এর সঙ্গে পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে HBr-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগকে (E) জলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে (B) পাওয়া যায়। (A), (B), (C), (D), (E) যৌগগুলি কি হতে পারে ?

সমাধান ঃ (1) C_3H_8O এই আণবিক সংকেত থেকে বোঝা যায় যে (A) ও (B) যৌগ দুটি অ্যালকোহল বা ইথার (অ্যালকোহল ও ইথার উভয়েরই সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$)। উভয় যৌগই ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে।

∴ উভয় যৌগই অ্যালকোহল। অর্থাৎ (A) ও (B) উভয়কেই $C_3H_7—OH$ হিসাবে প্রকাশ করা যায়।

$$2C_3H_7OH + 2Na \longrightarrow 2C_3H_7\bar{O}\overset{+}{Na} + H_2$$

(2) (A) ও (B) উভয়ের বাষ্পই 350°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করলে C_3H_6 আণবিক সংকেতযুক্ত একই যৌগ (C) পাওয়া যায়। স্পষ্টতঃই (A) ও (B) থেকে এক অণু জল মোচনের ফলে (C) উৎপন্ন হয় এবং (C) যৌগটি একটি অ্যালকিন (অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত C_nH_{2n})।

(3) (C)-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

∴ C যৌগটি $CH_3CH = CH_2$ (প্রপিন)

$$[CH_3—\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C} = \boxed{O \quad O} = \overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C}—H \longrightarrow CH_3CH = CH_2]$$

(4) (C) বা প্রপিনের সঙ্গে HBr-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় (D)। এটি একটি যুত বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়াটি ঘটে মারকনিকফের নিয়ম অনুযায়ী। সুতরাং (D) যৌগটি **2-ব্রোমোপ্রপেন**।

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} + HBr \longrightarrow \underset{\text{2-ব্রোমোপ্রপেন}}{CH_3CHBrCH_3}$$

(5) (D) বা 2-ব্রোমোপ্রপেনকে জলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে (A) পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটি হল আর্দ্র-বিশ্লেষণ এবং এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় 2-প্রপানল।

$$CH_3CHBrCH_3 + KOH \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_3 + KBr$$

সুতরাং (A) যৌগটি **2-প্রপানল**।

(6) আবার (C)-এর সঙ্গে পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে HBr-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় (E)। এই বিক্রিয়াটিও যুত বিক্রিয়া, কিন্তু পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে ঘটে বিপরীত মারকনিকফ সংযুক্তি ঃ

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} + HBr \xrightarrow[\text{অক্সাইড}]{\text{পার-}} \underset{\text{1-ব্রোমোপ্রপেন}}{CH_3CH_2CH_2Br}$$

সুতরাং (E) যৌগটি 1-ব্রোমোপ্রপেন।

(7) (E) বা 1-ব্রোমোপ্রপেনকে জলীয় KOH-এর সঙ্গে উত্তপ্ত করলে (B) পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটি আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া এবং এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় 1-প্রপানল।

$$\underset{\text{1-ব্রোমোপ্রপেন}}{CH_3CH_2CH_2Br} + KOH \longrightarrow \underset{\text{1-প্রপানল}}{CH_3CH_2CH_2OH} + KBr$$

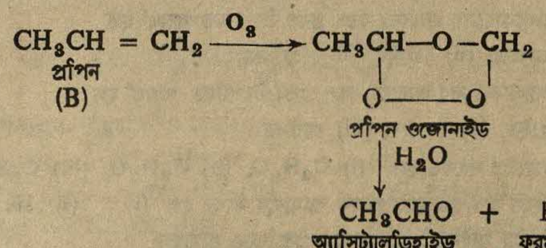
সুতরাং (B) যৌগটি 1-প্রপানল।

∴ A ⟶ 2-প্রপানল ($CH_3CHOHCH_3$)
B ⟶ 1-প্রপানল ($CH_3CH_2CH_2OH$)
C ⟶ প্রপিন ($CH_3CH = CH_2$)
D ⟶ 2-ব্রোমোপ্রপেন ($CH_3CHBrCH_3$)
E ⟶ 1-ব্রোমোপ্রপেন ($CH_3CH_2CH_2Br$)

বিক্রিয়াগুলি A-এর ক্ষেত্রে

(1) $$\underset{\text{2-প্রপানল (A)}}{2CH_3CHOHCH_3} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম আইসোপ্রপোক্সাইড}}{2CH_3CH(\overset{-}{O}\overset{+}{Na})-CH_3} + H_2$$

(2) $$\underset{\text{(A)}}{CH_3CH(OH)CH_3} \xrightarrow[350^\circ\text{সে.}]{Al_2O_3} \underset{\text{প্রপিন (B)}}{CH_3CH = CH_2} + H_2O$$

(3) 

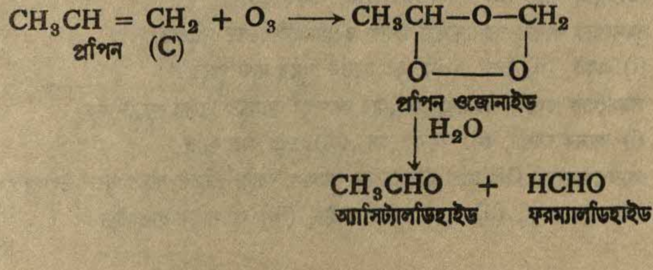
(4) $$\underset{\text{(B)}}{CH_3CH = CH_2} + HBr \longrightarrow \underset{\text{2-ব্রোমোপ্রপেন (D)}}{CH_3CHBrCH_3}$$

(5) $$\underset{\text{(D)}}{CH_3CHBrCH_3} + KOH \xrightarrow{\text{জল}} \underset{\text{(A)}}{CH_3CHOHCH_3} + KBr$$

B-এর ক্ষেত্রে

(1) $$\underset{\text{1-প্রপানল (B)}}{2CH_3CH_2CH_2OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম 1-প্রপক্সাইড}}{2CH_3CH_2CH_2O\overset{+}{Na}} + H_2$$

(2) $$\underset{\text{1-প্রপানল (B)}}{CH_3CH_2CH_2OH} \xrightarrow[350^\circ\text{সে.}]{Al_2O_3} \underset{\text{প্রপিন (C)}}{CH_3CH = CH_2} + H_2O$$

(3) 

(4) $\underset{(C)}{CH_3CH = CH_2} = HBr \xrightarrow{\text{পারঅক্সাইড}} \underset{\text{1-ব্রোমোপ্রপেন (E)}}{CH_3CH_2CH_2Br}$

(5) $\underset{(E)}{CH_3CH_2CH_2Br} + KOH \xrightarrow{\text{জল}} \underset{(B)}{CH_3CH_2CH_2OH} + KBr$

অনুশীলনী

1. ঠিক উত্তরটিতে ✓ চিহ্ন দাও :

(a) মনোহাইড্রিক অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যালকোহলের সাধারণ সঙ্কেত হল
(i) $C_nH_{2n}OH$, (ii) $C_nH_{2n-1}OH$, (iii) $C_nH_{2n+2}O$ ।

(b) অ্যালকোহলে উপস্থিত কার্যকরী গ্রুপ হল, (i) $—CH_3$, (ii) —OH, (iii) —COOH

(c) IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকোহলের শ্রেণীপ্রত্যয় হল (i) অল, (ii) অ্যাল, (iii) ইল।

(d) IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকোহল শ্রেণীকে বলা হয়
(i) অ্যালকানল, (ii) অ্যালকল, (iii) অ্যালকান্যাল।

(e) 2-মিথাইল-1-প্রপানল হল
(i) প্রাইমারী অ্যালকোহল, (ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, (iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল।

(f) প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম উৎপাদিত পদার্থ হল
(i) অ্যালডিহাইড, (ii) কিটোন, (iii) অ্যাসিড।

(g) সেকেন্ডারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম উৎপাদিত পদার্থ হল
(i) অ্যালডিহাইড, (ii) কিটোন, (iii) অ্যাসিড।

(h) C-3 অ্যালকোহলের সংকেত হল (i) C_3H_6O, (ii) C_3H_7O, (iii) C_3H_8O ।

(i) C-5 অ্যালকাহলে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা হল (i) 5, (ii) 10, (iii) 12।

(j) গ্রিগনার্ড বিক্রিয়ায় প্রাইমারী অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে প্রয়োজন
(i) ফরম্যালডিহাইড, (ii) যে কোন অ্যালডিহাইড, (iii) কিটোন।

(k) ইথাইল ব্রোমাইড থেকে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতিতে প্রয়োজনীয় বিকারক হল
(i) জলীয় KOH, (ii) অ্যালকোহলীয় KOH, (iii) অ্যালকোহলীয় NaOH।

(l) কিটোনের বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয়
(i) প্রাইমারী অ্যালকোহল, (ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, (iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল।

(m) সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী, সেকেন্ডারী ও টারসিয়ারী অ্যালকোহলের সংকেত
(i) সব সময় একই, (ii) কখনও একই নয়, (iii) কখনও কখনও একই।

(n) অ্যালডিহাইডের বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয়
(i) প্রাইমারী অ্যালকোহল, (ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, (iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল।

(o) প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে উৎপন্ন অ্যাসিডে কার্বনের সংখ্যা
(ii) হ্রাস পায়, (ii) বৃদ্ধি পায়, (iii) একই থাকে।

(p) সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত ইথার ও অ্যালকোহলের সংকেত
(i) একই, (ii) ভিন্ন, (iii) এক হতেও পারে নাও পারে।

(q) সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত ইথার অপেক্ষা অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক
(i) অনেক বেশী, (ii) অনেক কম, (iii) প্রায় কাছাকাছি।

(r) অ্যালকোহলের OH গ্রুপ হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন যৌগের নাম
(i) হ্যালোফর্ম, (ii) অ্যালকিল হ্যালাইড, (iii) অ্যাসাইল হ্যালাইড।

2. বাঁ দিকের সঙ্গে ডান দিকের সামঞ্জস্য বিধান কর :

(a) (i) CH_3CH_2OH (vi) টারসিয়ারী অ্যালকোহল

(ii) $(CH_3)_3COH$ (vii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল

(iii) $(CH_3)_2CHOH$ (viii) গ্লিসারল

(iv) 1-মিথোক্সিপ্রপেনের আইসোমার (ix) প্রাইমারী অ্যালকোহল

(v) ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল (x) 1-বিউটানল।

(b) (i) $CH_3OH \xrightarrow{I_2/\text{লাল } P}$ (viii) CHI_3

(ii) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{I_2/NaOH}$ (ix) $CH_3CH_2CH=CH_2$

(iii) $CH_3CH_2CH_2Br \xrightarrow{\text{জলীয় } KOH}$ (x) $CH_3CH=CH_2$

(iv) $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[300^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3}$ (xi) $CH_3CH_2CH_2OH$

(v) $CH_3CH_2CH(OH)CH_3 \xrightarrow{[O]}$ (xii) CH_3I

(vi) $CH_3CH_2Br \xrightarrow[KOH]{\text{অ্যালকোহলীয়}}$ (xiii) $CH_3CH_2COCH_3$

(vii) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2SO_4}$ (xiv) $CH_2=CH_2$

3. কিভাবে পরিবর্তিত করবে ?

(i) $CH_3OH \longrightarrow CH_3CH_2OH$ (ii) $CH \equiv CH \longrightarrow CH_3CH_2OH$

(iii) $CH_2=CH_2 \longrightarrow CH_3CH_2OH$ (iv) $CH_3OH \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_3$

(v) $CH_3I \longrightarrow CH_3CH_2OH$ (vi) $CH_2=CH_2 \longrightarrow CH_3OH$

(vii) $CH_3CH_2OH \longrightarrow CH_3OH$ (viii) $CH_3COOH \longrightarrow CH_3CH_2OH$

(ix) $CH_3CH=CHCH_3 \longrightarrow CH_3CH_2OH$ (x) $RCH_2CH_2OH \longrightarrow RCH_2OH$

(xi) $RCH(OH)CH_3 \longrightarrow RCH_2OH$ (xii) $C_2H_5OH \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}C(CH_3)(OH){-}CH_3$

(xiii) $CH_3CH_2OH \longrightarrow CH_3COOH$ (xiv) $CH_3CH_2OH \longrightarrow CH_2=CH_2$

(xv) $CH_3CH_2CH_2OH \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_3$

(xvi) $CH_3CH_2CH_2Br \longrightarrow CH_3CH(OH)CH_3$

(xvii) $CH_3CH_2CH=CH_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

(xviii) $CH_3CH=CHCH_3 \longrightarrow CH_3CH_2CH(OH)CH_3$

(xix) $CH_3CH_2CH=CH_2 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2OH$

(xx) $CH_3CH_2OH \longrightarrow (CH_3)_2CHOH$

(xxi) $C_2H_5OH \longrightarrow (C_2H_5)_2O$

(xxii) $(CH_3)_2CH=CH_2 \longrightarrow (CH_3)_3COH$

(xxiii) $C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5Cl$

(xxiv) $(CH_3)_2CHOH \longrightarrow CH_3CH_2CH_3$

(xxv) $CH_3CH_2CH_2CHO \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

(xxvi) $CH_3CH_2CH(OH)CH_3 \longrightarrow CH_3CH_2COCH_3$

(xxvii) $CH_3CH_2OH \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

(xxiii) $CH_3OH \longrightarrow CHCl_3$

4. নীচের প্রশ্নগুলিতে প্রধান উৎপাদিত পদার্থের (A, B, C, D) নাম ও গঠন লেখ :

(i) 2-বিউটানল $\xrightarrow{HBr}$ A $\xrightarrow{Mg}$ B $\xrightarrow{H_2O}$ C

(ii) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[350^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} A \xrightarrow{HI} B$

(iii) $CH_3CH_2OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} A \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2/Ni} B$

(iv) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{I_2/\text{লাল } P} A \xrightarrow{Na/\text{ইথার}} B$

(v) $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2SO_4} A \xrightarrow{HBr} B \xrightarrow{Na/\text{ইথার}} C$

(vi) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[350^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} A \xrightarrow{Br_2} B \xrightarrow[\text{KOH, তাপ}]{\text{অ্যালকোহলীয়}} C$

(vii) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{PI_3} A \xrightarrow[\text{KOH, তাপ}]{\text{অ্যালকোহলীয়}} B \xrightarrow[\text{(ii) } H_2O]{\text{(i) } H_2SO_4} C$

(viii) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{I_2/\text{লাল } P} A \xrightarrow{KCN} B$

$\xrightarrow{Na/C_2H_5OH} C \xrightarrow{HNO_2} D$

(ix) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4, \text{ তাপ}} A \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{শীতল}} B \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2O} C$

(x) ইথিলিন $\xrightarrow{HI}$ A $\xrightarrow{Mg}$ B $\xrightarrow{H_2O}$ C

(xi) $(CH_3)_2CHOH \xrightarrow{I_2/\text{লাল } P} A \xrightarrow{Na/\text{ইথার}} B$

(xii) $(CH_3)_2CHOH \xrightarrow[350^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} A \xrightarrow{Br_2} B$

(xiii) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[350^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} A \xrightarrow{HBr} B \xrightarrow{Na/\text{ইথার}} C$

5. (a) প্রাইমারী অ্যালকোহল প্রস্তুতির তিনটি সাধারণ সমীকরণ লেখ।
(b) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল প্রস্তুতির তিনটি সাধারণ সমীকরণ লেখ।

6. মনোহাইড্রিক অ্যালিফেটিক অ্যালকোহলের সাধারণ সংকেত কি? C-4 অ্যালকোহলের সংকেত কি? এই সংকেতসম্পন্ন অ্যালকোহলের গঠন ও নাম লেখ।

7. ইথাইল অ্যালকোহলকে নীচের পদার্থগুলিতে পরিবর্তিত করতে কি বিকারক ব্যবহার করবে?
(i) সোডিয়াম ইথোক্সাইড, (ii) ইথাইল ইথার, (iii) ইথিলিন, (iv) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট, (v) ইথান্যাল, (vi) ইথানোয়িক অ্যাসিড, (vii) ইথাইল অ্যাসিটেট, (viii) ক্লোরোইথেন।

8. অ্যালকোহলের একটি বিক্রিয়া দিয়ে দেখাও যে অ্যালকোহল অতি মৃদু অ্যাসিডধর্মী।
9. কিভাবে প্রমাণ করবে যে অ্যালকোহল অণুতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত আছে ?
10. অ্যালকোহলের একটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও যেখানে অ্যালকোহলের —OH গ্রুপ প্রতিস্থাপিত হয়।
11. আন্তর আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী কিভাবে অ্যালকোহলের দুটি ধর্মকে প্রভাবান্বিত করে ?
12. নরমাল এবং আইসো প্রপাইল অ্যালকোহলে একই কার্যকরী গ্রুপ —OH বর্তমান, কিন্তু তারা জারণের ফলে ভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে কেন ?
13. যে হাইড্রোকার্বন থেকে অ্যালকোহল সঞ্জাত তার থেকে অ্যালকোহলের স্ফুটনাংক অনেক বেশী কেন ?
14. ইথাইল অ্যালকোহল ও অজৈব বিকারক থেকে কিভাবে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা যায় ?
15. ইথাইল অ্যালকোহলের নিরুদনের ফলে দুটি কি কি পদার্থ উৎপন্ন হতে পারে ?
16. আংশিক পাতনের সাহায্যে অনার্দ্র মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায়, কিন্তু শুষ্ক ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় না কেন ?
17. নির্জল ইথাইল অ্যালকোহল কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?
18. গলিত $CaCl_2$-এর সাহায্যে মিথাইল অ্যালকোহল বা ইথাইল অ্যালকোহল শুষ্ক করা যায় না কেন ? কি নিরুদক ব্যবহার করা যেতে পারে ?
19. 2% অ্যাসিটোনযুক্ত মিথাইল আলকোহলের একটি নমুনা থেকে অ্যাসিটোনমুক্ত মিথাইল অ্যালকোহল কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?
20. অ্যাসিটিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনের মিশ্রণ থেকে এদের পৃথক করা যায় কিভাবে ?
21. (i) ইথানল ও ইথাইল ইথারের মধ্যে, (ii) ইথানল ও মিথানলের মধ্যে পরীক্ষানল পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে পার্থক্য নিরূপণ করবে ?
22. ওয়াটার গ্যাস থেকে কিভাবে মিথানল প্রস্তুত করবে ? মিথানলকে অজৈব পদার্থ থেকে কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?
23. মিথানল থেকে ডাই মিথাইল ইথার প্রস্তুতি অপেক্ষা ইথানল থেকে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুতিতে বিক্রিয়ার তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ অনেক বেশী প্রয়োজনীয় কেন ?
24. (i) প্রুফ স্পিরিট, (ii) পাওয়ার অ্যালকোহল, (iii) মেথিলেটেড স্পিরিট কি ?
25. ইথাইল অ্যালকোহলের বৃহদায়তন প্রস্তুতির উৎস কি কি ? কোন্ উৎস থেকে বেশী পরিমাণ ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় ?
26. প্রাইমারী, সেকেন্ডারী ও টারসিয়ারী অ্যালকোহলের মধ্যে কিভাবে পার্থক্য নিরূপণ করা যায় ?
27. কি কি প্রাথমিক পদার্থ থেকে গ্রিগনার্ড বিক্রিয়ায় নীচের অ্যালকোহলগুলি প্রস্তুত করা যায় ?

(i) CH_3CH_2OH, (ii) $CH_3CH_2CH_2OH$, (iii) $CH_3CH(OH)CH_3$

(iv) $(CH_3)_3COH$, (v) $CH_3CH_2CH(OH)CH_3$.

28. ফারমেনটেশনে উৎসেচকের ভূমিকা কি ?
29. **কি ঘটে সমীকরণ সহ লেখ ঃ**

(a) ইথাইল অ্যালকোহল ও ব্লিচিং পাউডার লেই-এর বিক্রিয়া ঘটানো হল এবং মিশ্রণকে পাতিত করা হল ;

(b) ইথাইল অ্যালকোহল ও সোডিয়াম কার্বনেটের উষ্ণ দ্রবণে আয়োডিন যোগ করা হল ও দ্রবণটি শীতল করা হল ;

(c) 350° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্প চালনা করা হল ;

(d) গ্লুকোজের লঘু দ্রবণে ঈস্ট যোগ করা হল ;

(e) চিনির লঘু দ্রবণে ঈস্ট যোগ করা হল ;

(f) ওয়াটার গ্যাস ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ (2 : 1) 200 গুণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 350° সে. তাপমাত্রায় বিশেষ অনুঘটকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করা হল।

30. (a) ঝোলাগুড় থেকে ইথাইল অ্যালকোহল শিল্পোৎপাদনের পদ্ধতি উপযুক্ত সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

(b) কোন স্টার্চ জাতীয় শস্য থেকে ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

31. ইথিলিন থেকে ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

32. (a) কিভাবে পার্থক্য করবে (i) মিথানল ও ক্লোরোফর্ম, (ii) ইথানল ও ক্লোরোফর্ম।

(b) মিথানল ও ইথানলের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

33. **টিকা লেখ ঃ** সন্ধান প্রক্রিয়া।

34. পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে মিথানলের প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

35. একই বিক্রিয়ক থেকে শর্তের পরিবর্তন ঘটিয়ে বিভিন্ন জৈব যৌগ প্রস্তুত করা যায় একটি উদাহরণ সহ দেখাও।

36. একটি পদার্থের 1 মোল অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের 2 মোলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $C_9H_{16}O_4$ সংকেতযুক্ত অপর একটি পদার্থ উৎপন্ন করে। প্রথম পদার্থের আণবিক সংকেত কি?

37. C_2H_6O আণবিক সংকেতযুক্ত একটি যৌগিক পদার্থ ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে এবং জারণের ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যৌগিক পদার্থটি কি?

38. $C_5H_{10}O_5$ আণবিক সংকেতযুক্ত একটি যৌগিক পদার্থ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $C_{13}H_{18}O_9$ আণবিক সংকেতযুক্ত একটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। প্রথম যৌগটিতে কয়টি OH গ্রুপ আছে?

39. একটি যৌগিক পদার্থ ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন বার করে এবং জারণের ফলে প্রথম উৎপাদিত পদার্থ হিসাবে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে। যৌগিক পদার্থটি কি?

40. C_2H_6O আণবিক সংকেতযুক্ত একটি জৈব তরল ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় একটি ফিকে হলুদ রং-এর কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে। হলুদ রং-এর কঠিন পদার্থটি সিলভার গুঁড়ো সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর এবং তরল পদার্থটি কি বার কর।

41. C_3H_8O আণবিক সংকেতযুক্ত দুটি জৈব যৌগ A ও B উভয়েই ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে। A আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে; কিন্তু B করে না। A ও B যৌগ দুটি কি?

42. A নামক একটি যৌগের বাষ্প 350° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করলে B নামক অপর একটি যৌগ উৎপন্ন হয়। B যৌগের ওজোন-বিশ্লেষের ফলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। A ও B যৌগ দুটি কি কি?

43. A ও B দুটি জৈব যৌগেরই আণবিক সংকেত হল C_2H_6O; A আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে, কিন্তু B করে না। A ও B যৌগ দুটি কি কি?

44. C_2H_6O আণবিক সংকেতযুক্ত দুটি জৈব যৌগের মধ্যে একটি ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে, অপরটি করে না। যৌগ দুটি কি কি হতে পারে?

3E. ইথার (Ethers)

3E.1 সূচনা (Introduction)

ইথারসমূহের সাধারণ সংকেত হল ROR ; সুতরাং জলের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে ইথার উৎপন্ন হয়েছে বলে গণ্য করা যায়। অর্থাৎ ইথারকে জলের ডাই-অ্যালকিল জাতক হিসাবে ধরা যায়, যেমন অ্যালকোহল হল জলের মনোঅ্যালকিল জাতক।

$$R\diagup^{O}\diagdown H \qquad H\diagup^{O}\diagdown H \qquad R\diagup^{O}\diagdown R'$$

অ্যালকোহল   জল   ইথার

ইথারসমূহকে ডাই-অ্যালকিল অক্সাইড (Na_2O—সোডিয়াম মনোক্সাইড, $(CH_3)_2O$—ডাই মিথাইল ইথার) বা অ্যালকোহলের অ্যানহাইড্রাইড রূপেও গণ্য করা যায় ঃ

$$RO\boxed{H + HO}R \longrightarrow ROR + H_2O$$

ইথারে অক্সিজেন পরমাণু সরাসরি দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে।

সরল ইথার ঃ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ একই। সংকেত ঃ ROR

উদাহরণ ঃ $C_2H_5—O—C_2H_5$
ডাই-ইথাইল ইথার

মিশ্র ইথার ঃ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত দুটি অ্যালকিল গ্রুপ ভিন্ন। সংকেত ঃ ROR′

উদাহরণ ঃ $CH_3OC_2H_5$
ইথাইল মিথাইল ইথার

যে কোন ইথারেরই **সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$**। মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলের সাধারণ সংকেতও তাই। সুতরাং **একই সংকেতবিশিষ্ট ইথার ও মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল সমাবয়বী**।

আবার, 4 বা তার অধিক সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত ইথারের ক্ষেত্রে দ্বিযোজী অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে বিভিন্ন অ্যালকিল গ্রুপের সংযুক্তির ফলে পরস্পর সমাবয়বী ইথার পাওয়া যায়। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে (পৃঃ 77) এই ধরনের সমাবয়বতাকে **মেটামেরিজম** বলে। অর্থাৎ **এই ইথারগুলি** পরস্পর মেটামেরীয়।

উদাহরণ ঃ $C_4H_{10}O$ হল পরস্পর মেটামেরীয় 3টি ইথারের আণবিক সংকেত ঃ

$C_2H_5OC_2H_5$ — ডাই-ইথাইল ইথার

$CH_3OCH_2CH_2CH_3$ — 1-মিথোক্সিপ্রপেন

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3O—CH—CH_3 \end{array}$$

2-মিথোক্সিপ্রপেন

প্রশ্ন ঃ 3E.1 $C_4H_{10}O$ সংকেতসম্পন্ন অ্যালকোহল ও ইথারগুলির সংকেত ও নাম লেখ। অ্যালকোহল-গুলিকে 1°, 2°, 3° এবং ইথারগুলিকে সরল ও মিশ্র ইথার হিসাবে চিহ্নিত কর। কোন্ ইথারগুলি পরস্পর মেটামেরীয় (metameric) উল্লেখ কর।

নামকরণ ঃ পৃঃ 65 দ্রষ্টব্য

3E.2 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (General Methods of Preparation)

1. অ্যালকোহলের নিরুদন (Dehydration of alcohols) ঃ

$$2R{-}O{-}H \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} R{-}O{-}R + H_2O$$

উদাহরণ ঃ

$$\underset{\text{(অতিরিক্ত অ্যালকোহল)}}{2C_2H_5OH} \xrightarrow[140^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_2H_5{-}O{-}C_2H_5 + H_2O$$

যেহেতু বিক্রিয়ায় প্রতি দুই অণু অ্যালকোহল থেকে এক অণু জলের অপসারণ ঘটে, বিক্রিয়াটি এক ধরনের নিরুদন বিক্রিয়া। অ্যালকোহলের নিরুদনের ফলে ইথার ও অ্যালকিন উভয়েই উৎপন্ন হতে পারে। বিক্রিয়ার শর্ত নিয়ন্ত্রণ করে অ্যালকোহলের অ্যালকিনের পরিবর্তে ইথারে নিরুদন ঘটানো যায়। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহল ও অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4 170°সে. উষ্ণতায় মুখ্যত ইথিলিন কিন্তু অতিরিক্ত ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4 140°সে. উষ্ণতায় মুখ্যত ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন করে।

এই পদ্ধতিতে সাধারণত প্রতিসম (symmetrical) ইথার প্রস্তুত করা হয়, কারণ দুটি বিভিন্ন অ্যালকোহল ব্যবহার করলে সাধারণত তিনটি ইথার উৎপন্ন হয়।

দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত কয়েকটি প্রতিসম ইথারের যেমন, ডাই-ইথাইল ইথার, ডাই-আইসোপ্রপাইল ইথার, ডাই-n-বিউটাইল ইথারের শিল্পোৎপাদনে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

250°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে অ্যালকোহলের বাষ্প চালনা করেও অ্যালকোহলকে ইথারে নিরুদিত করা যায় ঃ

$$2ROH \xrightarrow[250^\circ\text{সে.}]{Al_2O_3 \text{ (প্রভাবক)}} R{-}O{-}R + H_2O$$

2. উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ (Williamson synthesis) ঃ

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যালকোক্সাইড অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ইথার উৎপন্ন হয়। (অ্যালকিল হ্যালাইড হিসাবে অ্যালকিল ব্রোমাইড বা আয়োডাইড বেশী কার্যকরী)। ইথার প্রস্তুতির এই পদ্ধতিকে উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ (1851) বলে। এই পদ্ধতিতে সরল ও মিশ্র উভয় প্রকার ইথারই প্রস্তুত করা যায়। বস্তুত, মিশ্র ইথার প্রস্তুতির এটি একটি উত্তম পদ্ধতি।

সরল ইথার ঃ

$$\underset{\text{অ্যালকিল হ্যালাইড}}{RX} + \underset{\text{সোডিয়াম অ্যালকোক্সাইড}}{RO^-Na^+} \longrightarrow \underset{\text{ইথার}}{ROR} + NaX$$

উদাহরণ ঃ সোডিয়াম ইথোক্সাইড ও ইথাইল আয়োডাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ রিফ্লাক্স করলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম আয়োডাইড পৃথক হয় ঃ

$$\underset{\text{সোডিয়াম ইথোক্সাইড}}{C_2H_5O\boxed{Na} + \boxed{I}} \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{C_2H_5} \longrightarrow \underset{\text{ডাই-ইথাইল ইথার}}{C_2H_5OC_2H_5} + NaI$$

মিশ্র ইথার ঃ

$$RX + R'\overset{-}{O}\overset{+}{Na} \longrightarrow ROR' + NaX$$

উদাহরণ ঃ সোডিয়াম মিথোক্সাইড ইথাইল আয়োডাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথাইল মিথাইল ইথার উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম আয়োডাইড পৃথক হয় ঃ

$$\underset{\text{সোডিয়াম মিথোক্সাইড}}{CH_3O\boxed{Na \quad + \quad I}} \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{C_2H_5} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল মিথাইল ইথার}}{CH_3OC_2H_5} + NaI$$

প্রশ্ন : 3E.2 মিথানল ও ইথানলের অতিরিক্ত মিশ্রণকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে যে ইথারগুলি উৎপন্ন হয় তাদের সংকেত ও নাম লেখ। এই পদ্ধতি ইথাইল মিথাইল ইথার প্রস্তুতির ভাল পদ্ধতি নয় কেন? ইথাইল মিথাইল ইথার কিভাবে প্রস্তুত করবে?

3E.3 নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কি ঘটে বল :

(i) নির্জল মিথাইল অ্যালকোহলে ধাতব সোডিয়াম যোগ করা হল ;

(ii) ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটানো হল ;

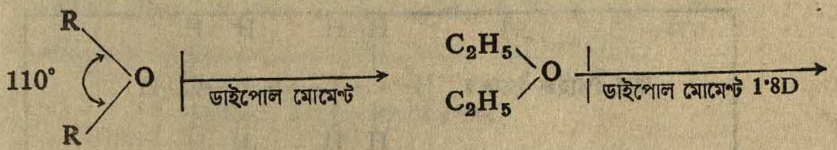
(iii) (i) ও (ii)-এ উৎপন্ন পদার্থ দুটিকে মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করা হল।

3E.4 উইলিয়ামসন পদ্ধতিতে সরল ও মিশ্র ইথার প্রস্তুতির দুটি সমীকরণ দাও।

3E.3 ভৌত ধর্ম (Physical Properties)

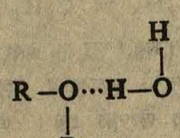
(1) অধস্তন সদস্যগুলি সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী তরল। যেমন, ডাইমিথাইল ইথার সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসীয় পদার্থ এবং ডাইইথাইল ইথার একটি তরল পদার্থ। ইথার বাষ্প অত্যন্ত জ্বলনশীল।

(2) ইথারে C—O—C বন্ধনী কোণ 110°-র কাছাকাছি। সুতরাং ইথারে অল্প ডাইপোল মোমেন্ট থাকে, অর্থাৎ ইথার মৃদু ধ্রুবীয় অণু :



এই মৃদু ধ্রুবীয়তা ইথারের স্ফুটনাঙ্কের উপর প্রায় কোন প্রভাব ফেলে না। তাই তুলনীয় আণবিক ওজন বিশিষ্ট ইথার ও অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্ক প্রায় একই হয়ে থাকে। অপরপক্ষে, ইথারে হাইড্রোজেন পরমাণু শুধু কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তাই ইথার অণুগুলির মধ্যে আন্তর আণবিক H-বন্ধনী গঠিত হয় না। কিন্তু অ্যালকোহল অণুগুলি আন্তর আণবিক H-বন্ধনী দ্বারা পরস্পর সংযুক্ত থাকে। তাই ইথারের স্ফুটনাঙ্ক থেকে প্রায় সমআণবিক ওজনের অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশী।

(3) ইথারের জলে দ্রাব্যতা খুবই কম। এখানে একটি বিষয় উল্লেখ্য। ডাইইথাইল ইথার ও সমাবয়বী অ্যালকোহল, n-বিউটাইল অ্যালকোহলের, জলে দ্রাব্যতা প্রায় একই (উভয় ক্ষেত্রেই প্রায় 8 গ্রাম/100 গ্রাম জলে)। ইথারের জলে এই সামান্য দ্রাব্যতা ইথারের সঙ্গে জলের অণুর H-বন্ধনী গঠনের জন্য হয় :



আগেই উল্লেখ করা হয়েছে অধস্তন অ্যালকোহলগুলিও H-বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে জলে দ্রবীভূত হয়। ইথারগুলি জল থেকে হাল্কা।

(4) ইথার H-বন্ধনী গঠনের জন্য আম্লিক প্রোটন দিতে পারে না (ইথারে আম্লিক প্রোটন নাই)। তাই ইথারকে প্রোটনবিহীন (aprotic) দ্রাবক বলা হয়। আয়নীয় ও জৈব এই দু'ধরনের যৌগ জলে দ্রবীভূত থাকলে ডাইইথাইল ইথার দিয়ে নিষ্কাশিত করে আয়নীয় ও জৈব যৌগ দুটিকে পৃথক করা যায়। (জলীয় দ্রবণকে ডাইইথাইল ইথার দিয়ে নিষ্কাশিত করলে ইথারে জৈব যৌগ নিষ্কাশিত হয়ে চলে আসে এবং জলে আয়নীয় যৌগ থেকে যায়।

প্রশ্ন : 3E.5 প্রায় কাছাকাছি আণবিক ওজনযুক্ত অ্যালকেন, ইথার ও অ্যালকোহলকে স্ফুটনাঙ্কের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে যুক্তিসহ সাজাও।

3E.6 ইথার অণুগুলির মধ্যে কি H-বন্ধনী গঠন সম্ভব ?

3E.7 ইথারের স্বল্প ডাইপোল মোমেন্ট আছে। এর থেকে ইথারের গঠন সম্বন্ধে কি ধারণা করা যায় ?

3E.8 ইথারের জলে অতি অল্প দ্রাব্যতা কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ?

3E.9 প্রোটনযুক্ত ও প্রোটনবিহীন দ্রাবক বলতে কি বোঝায় ? একটি প্রোটনযুক্ত দ্রাবক এবং একটি প্রোটনবিহীন দ্রাবকের নাম কর।

3E.10 কোন আয়নীয় ও জৈব যৌগের জলীয় দ্রবণ থেকে জৈব যৌগ নিষ্কাশনের জন্য ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহার করা যায় কি ? উত্তরের পক্ষে যুক্তি দাও।

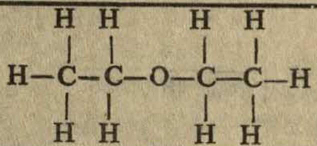
3E.11 ফিনল ও সোডিয়াম বেনজোয়েটের জলীয় দ্রবণ থেকে ফিনল কিভাবে পৃথক করবে ?

3E.12 জলীয় দ্রবণ থেকে কোন জৈব যৌগ নিষ্কাশনের জন্য ইথার ব্যবহার করা যায় কি ?

3E.4 রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (Chemical Properties and Reaction)

ডাই-ইথাইল ইথারের রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া প্রসঙ্গে আলোচনা করা হল।

ডাই-ইথাইল ইথার :



1540 সালে জার্মান চিকিৎসক ভালেরিয়স করডস (Valerius Cordus) ইথাইল অ্যালকোহল ও H_2SO_4 উত্তপ্ত করে প্রথম ডাইইথাইল ইথার প্রস্তুত করেন। মনে করা হত যৌগটিতে সালফার আছে এবং একে 'সালফিউরিক ইথার' বলা হত। ডাইইথাইল ইথার সাধারণত ইথার নামে প্রচলিত।

প্রস্তুতি : (1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি :** প্রায় 140°সে. উষ্ণতায় অতিরিক্ত পরিমাণ ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে ডাইইথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয় :

$$[\ 2C_2H_5OH + [H_2SO_4] \longrightarrow C_2H_5{-}O{-}C_2H_5 + H_2O + [H_2SO_4]\ ]$$

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightleftharpoons C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

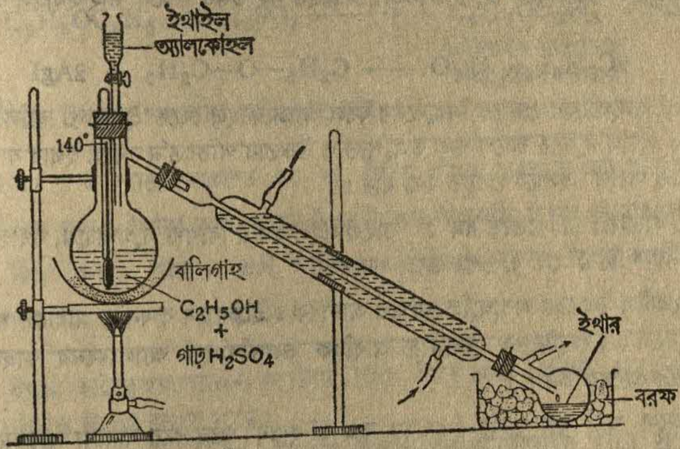
$$C_2H_5\boxed{HSO_4 + H}OC_2H_5 \rightleftharpoons C_2H_5OC_2H_5 + H_2SO_4$$

বিক্রিয়া শেষে সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরুৎপন্ন হয় এবং এই H_2SO_4 আরও অ্যালকোহলকে ইথারে পরিণত করে, এবং এই প্রক্রিয়া দুটি চক্রাকারে চলতে থাকে। ফলে সামান্য পরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 থেকে প্রচুর পরিমাণে ইথার উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতি **বিরামহীন ইথারীকরণ (Continuous etherification) পদ্ধতি** রূপে পরিচিত।

এই বিক্রিয়ায় পার্শ্বজাত হিসাবে ইথিলিন, অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় এবং H_2SO_4-এর একটি অংশ বিজারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করে। তাছাড়া জল উৎপন্নের জন্য H_2SO_4 লঘুও হয়ে যায়। সুতরাং একই পরিমাণ H_2SO_4 অনির্দিষ্টকাল ধরে ব্যবহার করা যায় না। এই বিক্রিয়ায় H_2SO_4 অনুঘটকরূপে কাজ করে এবং জল শোষণ করে নেয়।

পদ্ধতি : একটি 500 মি.লি. পাতন ফ্লাস্কে সমায়তন ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4 নিয়ে (100 মি.লি. করে) ফ্লাস্কের মুখে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও থার্মোমিটার কর্কের

সাহায্যে লাগানো হল। থার্মোমিটারের কুন্ড ফ্ল্যাস্কের তরলে নিমজ্জিত থাকে। পাতন ফ্ল্যাস্কের পার্শ্বনল একটি শীতক নল ও গ্রাহকপাত্রের সঙ্গে লাগানো থাকে। গ্রাহকপাত্রটি হিমমিশ্রণে বসানো থাকে। বিন্দুপাতী ফানেলে ইথাইল অ্যালকোহল (150 মি.লি.) নেওয়া হল এবং গ্রাহক-পাত্রের পার্শ্বনল রবারের নলের সাহায্যে অপবাহিকার (sink) সঙ্গে যোগ করা হল (যাতে অ-ঘনীভূত ইথার শিখার সংস্পর্শে না আসতে পারে)। বালিখোলার উপর পাতন ফ্ল্যাস্ককে ধীরে



চিত্র 3E.1 : ডাইইথাইল ইথার প্রস্তুতি।

ধীরে উত্তপ্ত করা হল এবং উষ্ণতা 140°সে. এর কাছাকাছি স্থির রাখা হল। (এই প্রস্তুতিতে তাপমাত্রা যাতে না বেড়ে যায় তা বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখা হয়। উচ্চতর উষ্ণতায় ইথিলিনের উৎপাদন বেড়ে যায়)। শীতক নলের মধ্যে দিয়ে হিমশীতল জল প্রবাহিত করা হল। ইথার (জল ও সামান্য অ্যালকোহল সহ) পাতিত হয়ে গ্রাহকপাত্রে জমা হয় (চিত্র 3E.1)। যে হারে তরল পাতিত হয় সেই হারে বিন্দুপাতী ফানেল থেকে অ্যালকোহল যোগ করা হয় এবং পাতিত তরল গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধিকরণ (Purification) : পাতিত তরল (জল, অ্যালকোহল ও H_2SO_3 যুক্ত ইথার) একটি বিয়োজী ফানেলে নিয়ে প্রথমে 5% NaOH দ্রবণ (H_2SO_3 দূর হয়), তারপর জল এবং শেষে 5% $CaCl_2$ দ্রবণ (বেশীর ভাগ অ্যালকোহল দূর হয়) দ্বারা ধৌত করা হয়। তারপর উপরের ইথার স্তর পৃথক করে গলিত $CaCl_2$ যোগ করে (জল ও অবশিষ্ট অ্যালকোহল দূর হয়) কয়েক ঘণ্টা রেখে দেওয়া হয়। অতঃপর তরল ফিল্টার করে নিয়ে উত্তপ্ত (50°—60°) জলগাহ থেকে পাতিত করা হয় এবং যে অংশ 33°—38°সে. উষ্ণতার মধ্যে পাতিত হয় সেই অংশ সংগ্রহ করা হয়। এইভাবে প্রস্তুত ইথার ধাতব সোডিয়ামের সংস্পর্শে একদিন রেখে দিয়ে পুনঃপাতন করলে নির্জল ইথার পাওয়া যায়।

(2) **উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ (Williamson Synthesis) :** এই বিক্রিয়ার সাহায্যে ডাই-ইথাইল ইথারের পণ্য উৎপাদনও করা হয়।

সোডিয়াম ইথোক্সাইড ও ইথাইল আয়োডাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ রিফ্লাক্স করলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় ও সোডিয়াম আয়োডাইড পৃথক হয় :

$$C_2H_5O\boxed{Na \quad + \quad I}C_2H_5 \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5 + NaI$$

সোডিয়াম ইথোক্সাইড — ইথাইল আয়োডাইড — ডাইইথাইল ইথার

আংশিক পাতন করে ইথার সংগ্রহ করা হয়।

(3) চাপের প্রভাবে ইথানল বাষ্প 240°—260° সে. উষ্ণতায় অ্যালুমিনা বা থোরিয়া অনুঘটকের উপর চালনা করলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয়। উচ্চতর উষ্ণতায় মুখ্য পদার্থ হিসাবে ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[240-260^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$$

(4) ইথাইল আয়োডাইড শুষ্ক সিলভার অক্সাইড সহ উত্তপ্ত করলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয়ঃ

$$2C_2H_5I + Ag_2O \longrightarrow C_2H_5—O—C_2H_5 + 2AgI$$

[তাপ ও অনুঘটকের প্রভাবে নিরুদনের ফলে অ্যালকোহল থেকে ইথার ও অলিফিন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ক পদার্থগুলির আপেক্ষিক অনুপাত ও উষ্ণতার পরিবর্তন দ্বারা ইথার বা ইথিলিনকে মুখ্য বিক্রিয়াজাত পদার্থ হিসাবে প্রস্তুত করা যায়।]

ধর্ম ও বিক্রিয়া (1) ভৌত ধর্ম ঃ ডাই-ইথাইল ইথার বিশিষ্ট সুগন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, অত্যন্ত উদ্বায়ী (স্ফুটনাঙ্ক 34·5° সে.), প্রশম তরল পদার্থ।

[ডাই-ইথাইল ইথারের অণুগুলি আন্তর আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত হতে পারে না, ফলে এর স্ফুটনাঙ্ক তুলনীয় আণবিক ওজনবিশিষ্ট অ্যালকেনের কাছাকাছি এবং অ্যালকোহল থেকে অনেক কম।]

ইথার জলে খুব কম দ্রাব্য (জলের সঙ্গে H-বন্ধনী গঠন করে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়) এবং ইথানল ও তরল হাইড্রোকার্বনে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।

একটি পরীক্ষানলে ইথার নিয়ে জল যোগ করে ভালভাবে ঝাঁকিয়ে রেখে দিলে দেখা যায় যে পরীক্ষানলের তরল দুটি স্তরে ভাগ হয়ে যায়। ইথার উপরের স্তরে থাকে। এর থেকে বোঝা যায় ইথার জলে প্রায় অদ্রাব্য এবং জল থেকে হাল্কা।

> **ইথার জলে খুব কম দ্রাব্য। আবার ইথার অনেক জৈব যৌগ দ্রবীভূত করতে পারে, কিন্তু আয়নীয় যৌগ দ্রবীভূত করতে পারে না। তাই আয়নীয় ও জৈব যৌগের জলীয় দ্রবণ থেকে জৈব যৌগ নিষ্কাশিত করে পৃথক করার জন্য ইথারকে দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।**

(2) ইথার অত্যন্ত জ্বলনশীল পদার্থ ঃ

$$C_2H_5OC_2H_5 + 6O_2 \longrightarrow 5H_2O + 4CO_2$$

ইথার নিয়ে কাজ করার সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন—কাছাকাছি কোন আলোকশিখা থাকা অতি বিপজ্জনক। আলোকশিখা দূরে থাকলেও ইথারে আগুন ধরতে পারে কারণ এর জ্বলনাঙ্ক (**flash point**) প্রায় 200° সে.। ইথার বাষ্প বায়ুর সঙ্গে বিস্ফোরক মিশ্রণ উৎপন্ন করে। ইথার বাষ্প বায়ু থেকে প্রায় $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী।

(3) ইথার অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় পদার্থ। ধাতব সোডিয়াম বা পটাসিয়াম বা ক্ষার ইথারের সঙ্গে ক্রিয়া করে না।

ইথারের অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় ইথারের বিক্রিয়া নির্ধারণ করে। ইথারের মুখ্য বিক্রিয়াগুলিতে কার্বন ও অক্সিজেনের বন্ধন ছিন্ন হয় এবং অনুষঙ্গী যৌগ উৎপন্ন হয়।

(4) শীতল অবস্থায় গাঢ় খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে ঝাঁকালে ইথার অক্সোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায়। অ্যাসিডের প্রোটন ইথারের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সঙ্গে অসমযোজ্যতার সৃষ্টি করে। যেমন, ডাইইথাইল ইথার শুষ্ক HCl-এর সঙ্গে ডাইইথাইল অক্সোনিয়াম ক্লোরাইড

(গলনাংক —92° সে.) এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ডাইইথাইল অক্সোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে। এই লবণগুলি অ্যাসিড মাধ্যমে দ্রবণীয়।

$$C_2H_5\ddot{\underset{..}{O}}C_2H_5 + HCl \longrightarrow [C_2H_5\overset{H}{\underset{..}{O}}C_2H_5]^+ Cl^-$$

ডাই-ইথাইল অক্সোনিয়াম ক্লোরাইড

$$C_2H_5\ddot{\underset{..}{O}}C_2H_5 + H_2SO_4 \longrightarrow \left[C_2H_5\overset{H}{\underset{..}{O}}C_2H_5 \right]^+ HSO_4^-$$

ডাইইথাইল অক্সোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট

এই বিক্রিয়া ইথারের **ক্ষারকীয় ধর্ম** প্রকাশ করে।

> **ইথার ক্ষার দ্বারা আক্রান্ত হয় না, কিন্তু শীতল অবস্থায় গাঢ় খনিজ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যায়। ইথারে অক্সিজেনের উপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় ইথার ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করতে পারে। তাই ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে।**

(5) ইথার হাইড্রোহ্যালোজেন অ্যাসিড দ্বারা বিযোজিত (split) হয়ে অ্যালকোহল ও অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন করতে পারে।

(i) ডাইইথাইল ইথার 0° সে. উষ্ণতায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড দিয়ে সম্পৃক্ত করলে বা হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5OC_2H_5 + HI \longrightarrow C_2H_5OH + C_2H_5I$$

(ii) বদ্ধনলে অতিরিক্ত গাঢ় HI (ঘনত্ব 1·7) সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথার ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5OC_2H_5 + 2HI \longrightarrow 2C_2H_5I + H_2O$$

[স্থির স্ফুটনাংকী হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড (ঘনত্ব 1·7) দিয়ে বিযোজিত করে ইথারের মিথোক্সি বা ইথোক্সি গ্রুপের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা যায়—জাইসেল (Zeisel) পদ্ধতি।]

HBrও HI-এর মতই বিক্রিয়া করে।

(6) (i) উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথার ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_5OC_2H_5 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

(ii) চাপের প্রভাবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথার আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{ইথার}}{C_2H_5OC_2H_5} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{ইথানল}}{2C_2H_5OH}$$

ইথানলের পণ্য উৎপাদনে ইথার পার্শ্বজাত হিসাবে উৎপন্ন হলে এইভাবে ইথারকে ইথানলে পরিণত করা হয়।

(7) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে সাধারণ উষ্ণতায় ইথারের কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু উত্তপ্ত করলে ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ঃ

$$C_2H_5OC_2H_5 + PCl_5 \longrightarrow 2C_2H_5Cl + POCl_3$$

এই বিক্রিয়ায় **HCl** উৎপন্ন হয় না—অ্যালকোহলের সঙ্গে পার্থক্য।

(8) বায়ু এবং আলোকের উপস্থিতিতে ইথার ধীরে ধীরে ইথার পারঅক্সাইড $CH_3CH(OOH)OC_2H_5$ উৎপন্ন করে। এটি একটি ভারী, ঝাঁঝালো, উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তৈলাক্ত বিস্ফোরক তরল পদার্থ। ইথারের পাতনকালে এটি পাতন-পাত্রে পড়ে থাকে এবং উত্তাপে বিস্ফোরণ ঘটাতে পারে।

ইথারের কোন নমুনায় পারঅক্সাইডের উপস্থিতি নির্ণয়ঃ (i) ইথারের নমুনায় পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ ও স্টার্চ যোগ করে ঝাঁকালে যদি স্টার্চ নীল হয়ে যায় তবে বুঝতে হবে ইথারে পারঅক্সাইড বর্তমান। পারঅক্সাইড পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে এবং নির্গত আয়োডিন স্টার্চকে নীল করেঃ

$$I + \text{পারঅক্সাইড} \longrightarrow I_2 \xrightarrow{\text{স্টার্চ}} \text{নীল বর্ণ}$$

(ii) ইথারের নমুনা ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট ও অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেটের জলীয় দ্রবণ সহযোগে ঝাঁকালে যদি লাল রং উৎপন্ন হয় তবে বুঝতে হবে পারঅক্সাইড বর্তমান। পারঅক্সাইড ফেরাস (Fe^{2+})-কে ফেরিকে (Fe^{3+}) জারিত করে এবং Fe^{3+} থায়োসায়ানেটের সঙ্গে লাল রঙের জটিল (complex) উৎপন্ন করেঃ

$$Fe^{2+} + \text{পারঅক্সাইড} \longrightarrow Fe^{3+} \xrightarrow{SCN^-} \underset{\text{লাল}}{Fe(SCN)_3}$$

ইথার থেকে পারঅক্সাইড দূরীকরণঃ চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহৃত ইথারে পারঅক্সাইডের অনুপস্থিতি একান্ত প্রয়োজন। ফেরাস সালফেট দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকিয়ে বা গাঢ় H_2SO_4 থেকে পাতিত করে ইথার থেকে পারঅক্সাইড দূর করা যায়।

(9) ইথারকে $K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 দিয়ে জারিত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়—সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যাসিটেটও উৎপন্ন হয়ঃ

$$C_2H_5{-}O{-}C_2H_5 + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} 2CH_3CHO + H_2O$$

ক্ষারীয় $KMnO_4$ ইথারকে মুখ্যতঃ অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত করে।

(10) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অনার্দ্র $ZnCl_2$ সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যাসিটেট ও ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$\underset{\text{ইথার}}{C_2H_5O}\boxed{C_2H_5 + Cl}\underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{COCH_3} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + C_2H_5Cl$$

(11) সাধারণ উষ্ণতায় অন্ধকারে ইথার Cl_2 বা Br_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় মনো ও ডাই-হ্যালোজেন ইথার উৎপন্ন করে—অক্সিজেনের পাশের CH_2 গ্রুপের H হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যথাঃ

$$CH_3CH_2OCH_2CH_3 + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{1, 1}'\text{-ডাই-ক্লোরো ডাই-ইথাইল ইথার}}{CH_3CHClOCHClCH_3} + HCl$$

ব্যবহারঃ ডাই-ইথাইল ইথার (i) রেজিন, চর্বি, তেল, উপক্ষার (alkaloid) ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে; (ii) বিভিন্ন জৈব পদার্থের জলীয় দ্রবণ থেকে পদার্থগুলিকে নিষ্কাশন করতে; (iii) চেতনা নাশক হিসাবে; (iv) ইথানলের সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় পেট্রোলের পরিবর্ত হিসাবে মোটরের জ্বালানি রূপে; (v) অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় বলে ভুর্ৎস, গ্রিগনার্ড প্রভৃতি বিক্রিয়ার মাধ্যম হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ইথার সংরক্ষণ (Storing) : যাতে পারঅক্সাইড উৎপন্ন না হতে পারে, এইজন্য ইথারকে, বিশেষত চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহার্য ইথারকে, গাঢ় লাল রং-এর বোতলে সীল করে বোতলটি কালো কাগজে মুড়ে রাখা হয় (বায়ু ও আলোক নিরুদ্ধ করে রাখা হয়)। কিউপ্রাস অক্সাইড, ইথানল বা জল পারঅক্সাইড গঠন ব্যাহত করে।

প্রশ্ন : **3E.13** ডাইইথাইল ইথার ও 1-বিউটানলের মধ্যে কার স্ফুটনাংক বেশী ?

3E.14 1নং পরীক্ষানলে ডাইইথাইল ইথার ও 2নং পরীক্ষানলে সমপরিমাণ ইথানল নিয়ে উভয় পরীক্ষানলেই সমপরিমাণ জল যোগ করে পরীক্ষানল দুটি ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল। উভয় ক্ষেত্রে কি দেখা যায় ? এর থেকে কি সিদ্ধান্ত করা যায় ?

3E.15 দুটি পরীক্ষানলে ডাইইথাইল ইথার নিয়ে একটিতে গাঢ় H_2SO_4 এবং অপরটিতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকানো হল। উভয় ক্ষেত্রে কি দেখা যায় ? কেন ? (সম্ভাব্য ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও)

3E.16 ইথার ক্ষার দ্বারা আক্রান্ত হয় না, কিন্তু শীতল অবস্থায় গাঢ় খনিজ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যায় কেন ?

3E.17 ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে ডাইইথাইল ইথার ও ইথানলের বিক্রিয়ার শর্তসহ সমীকরণ দাও। বিক্রিয়া দুটির মধ্যে বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর।

3E.18 বায়ু ও আলোকের উপস্থিতিতে ইথারে কি পরিবর্তন ঘটে ?

3E.19 ইথারে পারঅক্সাইডের উপস্থিতি কিভাবে নির্ণয় করবে ?

3E.20 পারঅক্সাইডযুক্ত ইথারের পাতন কি নিরাপদ ?

3E.21 ইথার থেকে পারঅক্সাইড কিভাবে দূর করা যায় ?

3E.22 চেতনানাশক হিসাবে ব্যবহার্য ইথার কিভাবে সংরক্ষণ করা হয় ? কেন ?

পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা :

(1) **ইথার ও মিথানল**

পরীক্ষা	ইথার	মিথানল
(1) নমুনা পরীক্ষানলে নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল।	দ্রবীভূত হল না। দুটি স্তর উৎপন্ন হল। ইথার উপরের স্তরে থাকল।	সম্পূর্ণত মিশে গেল।
(2) নমুনাতে (শুষ্ক করে নিয়ে) ধাতব সোডিয়াম যোগ করা হল।	কোন বিক্রিয়া ঘটল না।	দ্রুত বিক্রিয়া ঘটল এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হল। $2CH_3OH + 2Na \rightarrow 2CH_3ONa + H_2$
(3) উইন্টার গ্রীন পরীক্ষা : নমুনা + স্যালিসাইলিক অ্যাসিড + গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করা হল। (পৃঃ 167)	উইন্টার গ্রীন তেলের মিষ্টি গন্ধ পাওয়া গেল না।	উইন্টার গ্রীন তেলের মিষ্টি গন্ধ পাওয়া গেল। (সমীকরণের জন্য পৃঃ 167 দেখ)।

(2) ইথার ও ইথানল

পরীক্ষা	ইথার	ইথানল
(1) নমুনা পরীক্ষা নলে নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল।	মিশল না। দুটি স্তর উৎপন্ন হল। ইথার উপরের স্তরে থাকল।	সম্পূর্ণত মিশে গেল।
(2) শুষ্ক নমুনাতে ধাতব সোডিয়াম যোগ করা হল।	কোন বিক্রিয়া ঘটল না।	দ্রুত বিক্রিয়া ঘটল এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হল। $2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$
(3) আয়োডোফর্ম পরীক্ষা (পৃঃ 176)	আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হল না।	আয়োডোফর্মের বিশিষ্ট গন্ধ যুক্ত ঈষৎ হলুদ রঙের কেলাস উৎপন্ন হল। (সমীকরণ পৃঃ 176)

(3) ইথার ও ক্লোরোফর্ম

পরীক্ষা	ইথার	ক্লোরোফর্ম
(1) নমুনা পরীক্ষানলে নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল।	মিশল না। দুটি স্তর উৎপন্ন হল। ইথার উপরের স্তরে থাকল।	মিশল না। দুটি স্তর উৎপন্ন হল। ক্লোরোফর্ম নীচের স্তরে থাকল।
(2) নমুনাতে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করে ঝাঁকানো হল।	দ্রবীভূত হয়ে গেল।	দ্রবীভূত হল না।
(3) কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা (পৃঃ 147)	কার্বিল অ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল না।	কার্বিল অ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল। (সমীকরণ পৃঃ 147)
(3) ফেলিং দ্রবণ I ও II সমপরিমাণে মিশিয়ে নমুনা যোগ করে উত্তপ্ত করা হল।	লাল রং-এর কিউপ্রাস অক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ল না।	লাল রং-এর কিউপ্রাস অক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ল।

দ্রষ্টব্য : উপরের তিনটি পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষাতেই ইথারের কোন হ্যাঁ-সূচক (positive) রাসায়নিক পরীক্ষা নাই। তিনটি ক্ষেত্রেই ইথারের এই পরীক্ষাটি করা যেতে পারে : I_2 ও NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথার আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না। কিন্তু চাপের প্রভাবে লঘু H_2SO_4-দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে (ইথার ইথানল উৎপন্ন করে) দ্রবণটি ঠান্ডা করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে ক্ষারীয় করার পর আয়োডিন দ্রবণ (প্রয়োজন হলে আরও NaOH দ্রবণ) সহযোগে উত্তপ্ত করে ঠান্ডা করলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়।

● সমস্যার সমাধান

সমস্যা : (1) $C_4H_{10}O$ আণবিক সংকেতযুক্ত একটি জৈব তরল ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না বা আয়োডোফর্ম পরীক্ষায় সাড়া দেয় না। ইথানলকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করে জৈব তরলটি প্রস্তুত করা যায়। জৈব তরলটি কি ?

সমাধান ঃ (1) জৈব তরলটির আণবিক সংকেত ($C_4H_{10}O$) ইথার ও মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলের (সাধারণ সংকেত $C_nH_{2n+2}O$) সংকেতের অনুরূপ।

(2) জৈব তরলটি ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

∴ জৈব তরলটি অ্যালকোহল নয়।

(3) জৈব তরলটি আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না।

∴ CH_3CO বা $CH_3CH(OH)$ গ্রুপ উপস্থিত নাই।

(4) জৈব তরলটি ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করে পাওয়া যায়। ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4 140°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে ডাই-ইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় ঃ

$$2C_2H_5OH \xrightarrow[140°\text{সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$$

জৈব তরলটির আণবিক সংকেত ও ডাইইথাইল ইথারের আণবিক সংকেত একই এবং উপরোক্ত তথ্যগুলিও ডাইইথাইল ইথারের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

∴ জৈব তরলটি ডাইইথাইল ইথার।

2. দুইটি উদ্বায়ী জৈব যৌগের বিশ্লেষণের ফলে নিম্নলিখিত ফলগুলি পাওয়া গেল ঃ কার্বন = 52·2%, হাইড্রোজেন = 13%, অক্সিজেন = 34·8%, প্রতিটি যৌগের বাষ্প ঘনত্ব 23। যৌগ দুইটির নাম ও গঠন-সংকেত দাও।

ইহার প্রত্যেকটির সহিত (a) ধাতব সোডিয়াম এবং (b) ফুটন্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড-এর বিক্রিয়ার বর্ণনা দাও। [J.E.E, 1986]

সমাধান ঃ যৌগ দুটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় ঃ

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ÷পাঃ ওজন)	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	52·2	52·2/12 = 4·35	4·35/2·175 = 2	2	
H	13	13/1 = 13	13/2·175 = 5·97 ≃ 6	6	C_2H_6O
O	34·8	34·8/16 = 2·175	2·175/2·175 = 1	1	

∴ স্থূল সংকেত হল C_2H_6O

যৌগ দুটির বাষ্প ঘনত্ব 23। সুতরাং আণবিক ওজন $2 \times 23 = 46$

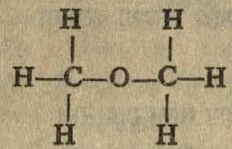
ধরি, যৌগ দুটির আণবিক সংকেত $(C_2H_6O)_n$

∴ $(2 \times 12 + 6 + 16)n = 46$ বা, $46n = 46$ বা, $n = 1$

∴ যৌগ দুটির আণবিক সংকেত C_2H_6O

এখন যেহেতু দুটি বিভিন্ন যৌগের আণবিক সংকেত একই, সুতরাং যৌগ দুটি পরস্পর সমাবয়বী (isomeric)। এখন 1টি অক্সিজেন পরমাণুযুক্ত অ্যালিফেটিক যৌগ ইথার ও মনোহাইড্রিক অ্যালকোহলের সাধারণ সংকেত (উভয় ক্ষেত্রেই $C_nH_{2n}O$) যৌগ দুটির আণবিক সংকেতের

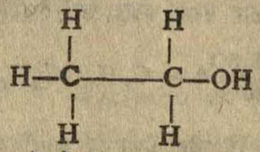
অনুরূপ। সুতরাং 1টি যৌগ ইথার ও অপরটি অ্যালকোহল। C_2H_6O এই সংকেত দিয়ে একটিই ইথার প্রকাশ করা যায় যার গঠন-সংকেত হল ঃ



(CH_3OCH_3)

ডাইমিথাইল ইথার

আবার, C_2H_6O এই সংকেত দিয়ে একটিই অ্যালকোহল প্রকাশ করা যায় যার গঠন-সংকেত হল ঃ



(C_2H_5OH)

ইথাইল অ্যালকোহল

বিক্রিয়া ঃ

ডাই মিথাইল ইথার ঃ

(1) ডাইমিথাইল ইথার ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(2) ফুটন্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাইমিথাইল ইথার মিথাইল আয়োডাইড ও জল উৎপন্ন করে ঃ

$$CH_3OCH_3 + 2HI \longrightarrow 2CH_3I + H_2O$$

ইথাইল অ্যালকোহল ঃ

(1) ইথাইল অ্যালকোহল ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ইথোক্সাইড উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়ঃ

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{2CH_3CH_2OH} + 2Na \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ইথোক্সাইড}}{CH_3CH_2\overset{-}{O}\overset{+}{Na}} + H_2$$

(2) ফুটন্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে, সঙ্গে উৎপন্ন হয় জল ঃ

$$CH_3CH_2OH + HI \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল আয়োডাইড}}{CH_3CH_2I} + H_2O$$

দ্রষ্টব্য ঃ যদিও দুটি যৌগকেই উদ্বায়ী বলা হয়েছে সাধারণ অবস্থায় ডাইমিথাইল ইথার গ্যাসীয় পদার্থ, ইথাইল অ্যালকোহল তরল পদার্থ।

অনুশীলনী

1. ঠিক উত্তরটিতে ✓ চিহ্ন দাও ঃ

(a) ইথারের সাধারণ সংকেত হল (i) $C_nH_{2n}O$, (ii) $C_nH_{2n+2}O$, (iii) $C_nH_{2n-2}O$

(b) CH_3OCH_3 হল (i) সরল ইথার, (ii) মিশ্র ইথার, (iii) কোনটিই নয়।

(c) C_2H_5OH ও CH_3OCH_3 পরস্পর (i) সমগণ, (ii) সমাবয়বী, (iii) মেটামেরীয়।

(d) $C_2H_5OC_2H_5$ ও $CH_3OCH_2CH_2CH_3$ পরস্পর (i) সমগণ, (ii) সমাকৃতি, (iii) মেটামেরীয়।

(e) ইথার অণু (i) ধ্রুবীয়, (ii) অধ্রুবীয়, (ii) সরলরৈখিক।

(f) প্রায় সম আণবিক ওজন বিশিষ্ট ইথারের স্ফুটনাঙ্ক অ্যালকেনের স্ফুটনাঙ্কের
(i) প্রায় সমান, (ii) অনেক বেশী, (iii) অনেক কম।

(g) ইথার অণুরা পরস্পরের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী মারফত
(i) যুক্ত থাকে, (ii) যুক্ত থাকে না, (iii) কখনও কখনও যুক্ত থাকে।

(h) $C_2H_5OCH_3$ যৌগটির নাম হল (i) ইথোক্সিমিথেন, (ii) মিথোক্সিইথেন,
(iii) মিথোক্সি ইথেন ইথার।

(i) ইথার একটি (i) প্রোটনযুক্ত দ্রাবক, (ii) প্রোটনবিহীন দ্রাবক, (iii) উভধর্মী দ্রাবক।

(j) সাধারণ অবস্থায় ডাইইথাইল ইথার একটি (i) গ্যাসীয় পদার্থ,
(ii) কঠিন পদার্থ, (iii) তরল পদার্থ।

2. বাঁ দিকের সঙ্গে ডানদিকের সামঞ্জস্য বিধান কর :

(i) আর্দ্র ইথার	(vi) উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ
(ii) মিশ্র ইথার	(vii) জাইসেল পদ্ধতি
(iii) ডাইমিথাইল ইথার	(viii) সোডিয়াম
(iv) মিথোক্সি গ্রুপ	(ix) গ্যাস
(v) ডাইইথাইল ইথার	(x) চেতনানাশক।

3. নিম্নের বিক্রিয়াগুলিতে প্রধান উৎপাদিত জৈব যৌগের নাম ও সংকেত লেখ :

(i) $C_2H_5OH \xrightarrow[250^\circ \text{ সে.}]{Al_2O_3} A$ (ii) C_2H_5OH (অতিরিক্ত) $\xrightarrow[140^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} B$

(iii) $C_2H_5OH \xrightarrow{Na} C \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{C_2H_5I} D$

(iv) $CH_3OH \xrightarrow{Na} E \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{C_2H_5I} F$

(v) $C_2H_5OH \xrightarrow{\text{লাল } P/I_2} G \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Ag_2O} H$

(vi) $C_2H_5OC_2H_5 \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} I$

(vii) $C_2H_5OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{লাল } P/I_2} J \xrightarrow[\text{তাপ}]{CH_3ONa} K$

4. কিভাবে রূপান্তরিত করবে :

(i) $(C_2H_5)_2O \longrightarrow C_2H_5OH$ (ii) $(C_2H_5)_2O \longrightarrow C_2H_5I$

(iii) $(C_2H_5)_2O \longrightarrow C_2H_5Cl$ (iv) $CH_3OH \longrightarrow (CH_3)_2O$

(v) $(C_2H_5)_2O \longrightarrow CH_2{=}CH_2$ (vi) $(C_2H_5)_2O \longrightarrow C_2H_5HSO_4$

(vii) $C_2H_5OH \longrightarrow (C_2H_5)_2O$

5. টীকা লেখ :

(i) সরল ইথার, (ii) মিশ্র ইথার, (iii) মেটামেরিজম, (iv) উইলিয়ামসন সংশ্লেষণ, (v) বিরামবিহীন ইথারীকরণ পদ্ধতি, (vi) ইথারের দ্রাবক ধর্ম, (vii) ইথারের সংরক্ষণ।

6. ইথার প্রস্তুতির দুটি সাধারণ পদ্ধতি উল্লেখ কর।

7. পরীক্ষাগারে কিভাবে ডাইইথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয়? সংক্ষেপে ডাইইথাইল ইথারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর। ডাইইথাইল ইথারের ব্যবহার উল্লেখ কর।

8. একই বিক্রিয়ক ব্যবহার করে বিক্রিয়ার শর্তের তারতম্যের মাধ্যমে কিভাবে দুটি জৈব যৌগ উৎপন্ন করা যায় সমীকরণসহ আলোচনা কর।

9. ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করে ইথার প্রস্তুতির পদ্ধতিকে বিরামহীন বা নিরবচ্ছিন্ন ইথারীকরণ পদ্ধতি বলা হয় কেন ? এই পদ্ধতিতে একবার গাঢ় H_2SO_4 দেওয়ার পর কখনই H_2SO_4 যোগ করার আর প্রয়োজন থাকে না—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

10. (i) মিশ্র ইথার প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি সমীকরণসহ উল্লেখ কর।
(ii) ইথারের একটি নমুনাতে KI ও স্টার্চ যোগ করে ঝাঁকাতে নীল রঙ উৎপন্ন হল। এর থেকে কি বোঝা যায় ?
(iii) কিভাবে প্রমাণ করবে যে ডাইইথাইল ইথার জলে মেশে না এবং জল থেকে হাল্কা।

11. জলীয় দ্রবণ থেকে কোন জৈব পদার্থকে নিষ্কাশন করতে ইথার ব্যবহার করা যায় কেন ?

12. **কি ঘটে সমীকরণ সহ লেখ :**
(i) ডাইইথাইল ইথারকে চাপের প্রভাবে লঘু H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করা হল,
(ii) ডাইইথাইল ইথার ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করা হল।

13. ইথাইল অ্যালকোহল ও ডাইইথাইল ইথারের মধ্যে নিম্নের বিকারকগুলির দ্বারা কিভাবে পার্থক্য করা যায় ? (a) Na, (b) PCl_5, (c) $NaOH/I_2$

14. কিভাবে পার্থক্য করবে ? (a) ইথানল ও ডাইইথাইল ইথার, (b) মিথানল ও ডাইইথাইল ইথার, (c) ডাইইথাইল ইথার ও ক্লোরোফর্ম।

15. **নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কি ঘটে বল :**
(i) মিথানলে ধাতব সোডিয়াম যোগ করা হল ;
(ii) ইথানলের সঙ্গে আয়োডিন ও লাল ফসফরাসের বিক্রিয়া ঘটানো হল ;
(iii) উপরের দুটি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জৈব যৌগগুলিকে মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল।

16. $C_4H_{10}O$ সংকেতযুক্ত একটি যৌগ ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু ফুটন্ত হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন করে। যৌগটি কি ?
[উঃ $C_2H_5OC_2H_5$]

17. দুটি জৈব যৌগ A ও B-এর আণবিক সংকেতই $C_4H_{10}O$। A ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, $NaOH/I_2$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না, কিন্তু গাঢ় H_2SO_4-এ দ্রবীভূত হয়ে যায়। B ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং $NaOH/I_2$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। A ও B যৌগ দুটিকে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।
[উঃ (A) $C_2H_5OC_2H_5$; (B) $CH_3CH_2CH(OH)—CH_3$]

18. দুটি জৈব যৌগের (A ও B) বিশ্লেষণের ফলে নিম্নলিখিত ফলগুলি পাওয়া গেল : C=64·86%, H=13·52%, O=21·62%। দুটি যৌগেরই বাষ্প ঘনত্ব 37। A ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। B ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং B-এর বাষ্প উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করলে একটি গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায় যার ওজোন-বিশ্লেষের ফলে প্রপান্যাল ও মিথান্যাল পাওয়া যায়। A ও B-এর কোনটিই আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় না। A ও B যৌগ দুটিকে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।
[উঃ (A) $C_2H_5OC_2H_5$; (B) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$]

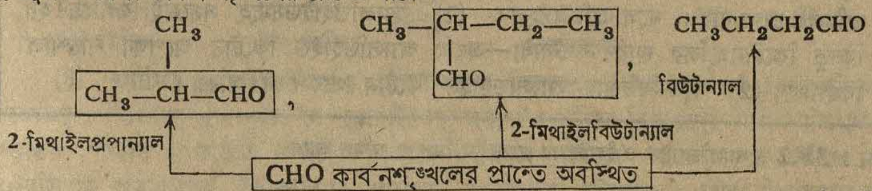
19. (i) পরীক্ষাগারে ডাইইথাইল ইথার প্রস্তুতির সময় কত ডিগ্রী তাপমাত্রায় মিশ্রণটি রাখা হয় ? (ii) একটি পরীক্ষানলের ভিতরের গায়ে সামান্য জল লেগে আছে। ইথার দিয়ে ঝাঁকিয়ে এই জল দূর করা যায় কি ? (iii) ইথার পাতনের সময় শীতকের মধ্য দিয়ে বরফ-শীতল জল প্রবাহিত করা হয় কেন ?

3F. কার্বনিল যৌগ : অ্যালডিহাইড ও কিটোন
(Carbonyl Compounds : Aldehydes and Ketones)

3F.1 সূচনা (Introduction)

অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয় শ্রেণীর যৌগেই কার্যকরী গ্রুপ হিসাবে উপস্থিত আছে অক্সো বা কার্বনিল গ্রুপ $\left(>C=O \right)$। তাই সাধারণ ভাবে এরা কার্বনিল যৌগ নামে পরিচিত।

কার্বনিল গ্রুপের দুটি যোজ্যতার মধ্যে অন্তত পক্ষে একটি যদি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে অ্যালডিহাইড গ্রুপ, $\overset{H}{\diagdown} C=O$ —এর সৃষ্টি হয় এবং —CHO কার্যকরী গ্রুপযুক্ত যৌগসমূহকে অ্যালডিহাইড বলা হয়। অ্যালডিহাইড বা —CHO গ্রুপ একযোজী এবং এই গ্রুপটি সর্বদা কার্বন শৃংখলের প্রান্তে থাকে।



আগেই উল্লেখ করা হয়েছে কোন সমগণীয় শ্রেণীর প্রথম সদস্য (এক্ষেত্রে ফরম্যালডিহাইড, HCHO) অন্য সমগণগুলি থেকে প্রস্তুতি পদ্ধতি ও ধর্মে অনেক সময় পৃথক হয়। তাই প্রথম সদস্য অনেক ক্ষেত্রেই সেই শ্রেণীর প্রতিনিধি স্থানীয় হয় না। অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO)-কে অ্যালডিহাইড শ্রেণীর প্রতিনিধি স্থানীয় হিসাবে গণ্য করা হয়।

অপরপক্ষে কার্বনিল গ্রুপের দুটি যোজ্যতাই অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার ফলে উৎপন্ন জৈব যৌগসমূহকে কিটোন বলা হয়। দ্বিযোজী কিটো $\left(>C=O \right)$ গ্রুপ সর্বদা কার্বন শৃংখলের মাঝে থাকে। CH_3COCH_3 (অ্যাসিটোন), $CH_3COCH_2CH_3$ (2-বিউটানোন), $CH_3COCH(CH_3)-CH_3$ (3-মিথাইল-2-বিউটানোন) ইত্যাদি যে কোন কিটোনেই কিটো গ্রুপ কার্বন শৃংখলের মাঝে থাকে।

অ্যালডিহাইডসমূহ হল প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম ধাপে উৎপন্ন পদার্থ এবং কিটোন হল সেকেন্ডারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম ধাপে উৎপন্ন পদার্থ :

$$\underset{\text{প্রাইমারী অ্যালকোহল}}{RCH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \qquad \underset{\text{সেকেন্ডারী অ্যালকোহল}}{RCHOHR} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{কিটোন}}{RCOR}$$

সুতরাং 1° অ্যালকোহলের নিয়ন্ত্রিত জারণের দ্বারা অ্যালডিহাইড এবং 2° অ্যালকোহলের নিয়ন্ত্রিত জারণের দ্বারা কিটোন প্রস্তুত করা যায়।

[মনে রাখ : অ্যালকোহলের বিক্রিয়া আলোচনা কালে এই বিক্রিয়াগুলি আলোচিত হয়েছে। অর্থাৎ অ্যালকোহলের এই রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি এবং অ্যালডিহাইড-কিটোনের প্রস্তুতির এই বিক্রিয়াগুলি একই। জৈব রসায়নে এই পারস্পরিক সম্পর্কের কথা মনে রাখলে জৈব রসায়ন পড়া ও মনে রাখা খুব সহজ হয়।]

3F.2 সাধারণ সঙ্কেত : $C_nH_{2n}O$ (অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয়েরই)।

সুতরাং একই সংকেত যুক্ত অ্যালডিহাইড ও কিটোন সমাবয়বী।

অ্যালডিহাইডকে RCHO (R = H বা অ্যালকিল) এবং কিটোনকে RCOR (সরল কিটোন) বা RCOR′ (মিশ্র কিটোন) [R, R′ উভয়েই অ্যালকিল গ্রুপ] এই সাধারণ সংকেত দিয়েও প্রকাশ করা যায়। সরল ও মিশ্র কিটোনের জন্য পৃঃ 42 দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন : 3F.1 C_3H_6O এই সংকেতসম্পন্ন একটি অ্যালডিহাইড ও একটি কিটোনের গঠন ও নাম লেখ। তারা যে যে অ্যালকোহলের জারণের ফলে উৎপন্ন হয় তাদের গঠন ও নাম লেখ।

> অ্যালডিহাইড ও কিটোনের ধর্ম অনেকাংশেই কার্বনিল গ্রুপের উপর নির্ভরশীল। **সুতরাং এদের ধর্মে বহুলাংশে মিল লক্ষিত হয়।** কিন্তু অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে একটি পার্থক্য আছে। অ্যালডিহাইডে কার্বনিল গ্রুপের সঙ্গে 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে (ফরম্যালডিহাইডে 2টি) কিন্তু কিটোনে তা নাই। তাই এদের ধর্মে কিছুটা **অমিলও দেখা যায়।** মূল অমিল হল : (1) অ্যালডিহাইডসমূহ সহজেই জারিত হয়, কিন্তু কিটোনগুলির জারণ কষ্টসাধ্য—অর্থাৎ অ্যালডিহাইড কিটোন অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক ; (2) যুত-বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড কিটোন থেকে বেশী সক্রিয়।

প্রশ্ন : 3F.2 অ্যালডিহাইড ও কিটোনের গঠনে কি মিল ও অমিল আছে ?

অ্যালডিহাইডসমূহ

3F.3 নামকরণ : (পৃঃ 54, 57, 62, 63 দ্রষ্টব্য)

3F.4 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি

(1) প্রাইমারী অ্যালকোহল থেকে : প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণ বা ডিহাইড্রোজেনেশন দ্বারা অ্যালডিহাইড-প্রস্তুত করা যায়।

(i) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করলে প্রাইমারী অ্যালকোহল অ্যালডিহাইড উৎপন্ন করে :

$$RCH_2OH + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{Na_2Cr_2O_7/} RCHO + H_2O$$

অ্যালকোহলীয় দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$ অপেক্ষা সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রাব্যতা বেশী, তাই প্রস্তুতিতে সাধারণত সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ব্যবহার করা হয়। আর একটি কথা এখানে বিশেষভাবে মনে রাখা দরকার। অ্যালডিহাইড সহজেই অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়। জারক দ্রব্যের গাঢ়ত্ব যথাসম্ভব কম রেখে এবং উৎপন্ন অ্যালডিহাইডকে পাতনের মাধ্যমে জারক দ্রব্যের সংস্পর্শ থেকে সরিয়ে এনে এই জারণ অ্যালডিহাইড স্তরেই প্রধানত সীমাবদ্ধ রাখা যায়। অ্যালকোহল ও অ্যালডিহাইডের মধ্যে অ্যালডিহাইডের স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম, তাই অ্যালডিহাইডকে পাতনের মাধ্যমে বিক্রিয়াপাত্র থেকে সরিয়ে আনা যায়।

(ii) প্রাইমারী অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ 250°সে. উষ্ণতায় সিলভারের উপর দিয়ে চালনা করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় :

$$2RCH_2OH + O_2 \xrightarrow{Ag} 2RCHO + 2H_2O$$

(iii) প্রাইমারী অ্যালকোহলের বাষ্প 300°সে. উষ্ণতায় কপারের উপর চালনা করলে ডিহাইড্রোজেনেশনের দ্বারা অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$RCH_2OH \xrightarrow[300°\text{ সে.}]{Cu} RCHO + H_2$$

(2) **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে ঃ** (i) ফরমিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম ঘটিত লবণ (ক্যালসিয়াম ফরমেট) এবং এই সমগণীয় শ্রেণীর অন্য যে কোন অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম ঘটিত লবণদ্বয়ের মিশ্রণকে শুষ্ক অবস্থায় উত্তপ্ত করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{ফ্যাটি অ্যাসিডের Ca-লবণ}}{(RCOO)_2Ca} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম ফরমেট}}{(HCOO)_2Ca} \longrightarrow \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{2RCHO} + 2CaCO_3$$

(ii) 300°সে. উষ্ণতায় ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর ফরমিক অ্যাসিড ও এই সমগণীয় শ্রেণীর যে কোন অ্যাসিডের বাষ্পের মিশ্রণ চালনা করলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{ফ্যাটি অ্যাসিড}}{RCOOH} + \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH} \xrightarrow[300°\text{সে.}]{MnO} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} + CO_2 + H_2O$$

(3) **অ্যাসিড ক্লোরাইড থেকে ঃ রোজেনমুণ্ড বিজারণ** (Rosenmund reduction) ঃ রোজেনমুণ্ড বিজারণ হল অ্যাসিড ক্লোরাইডের অনুঘটক জনিত বিজারণের দ্বারা অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির পদ্ধতি। ফুটন্ত জাইলিন মাধ্যমে বেরিয়াম সালফেট দ্বারা অংশত নিষ্ক্রিয় করা প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিড ক্লোরাইডের হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণের ফলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিড ক্লোরাইড}}{RCOCl} + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} + HCl$$

উদাহরণ ঃ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড থেকে এইভাবে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + HCl$$

অ্যাসিড ক্লোরাইড অপেক্ষা অ্যালডিহাইডের বিজারিত হওয়ার প্রবণতা বেশী। বেরিয়াম সালফেট অনুঘটক বিষ (catalyst poison) হিসাবে কাজ করে প্যালাডিয়ামকে অংশত নিষ্ক্রিয় করে এই বিজারণ ব্যাহত করে। সামান্য পরিমাণে কুইনোলিন ও সালফার যোগ করেও সাধারণত অ্যালডিহাইডের বিজারণ ব্যাহত করা হয়।

[কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের প্রত্যক্ষ বিজারণ কষ্টসাধ্য। বিজারক দ্রব্য লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে প্রাইমারী অ্যালকোহলে বিজারিত করে। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে প্রত্যক্ষভাবে বিজারিত করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা সহজসাধ্য নয়। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে অ্যাসিড ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করে পরোক্ষভাবে অ্যাসিডকে অ্যালডিহাইডে সহজেই বিজারিত করা যায় ঃ

$$RCOOH \xrightarrow{SOCl_2} RCOCl \xrightarrow[Pd/BaSO_4]{H_2} RCHO$$]

(4) **অ্যালকিন থেকে ঃ** উপযুক্ত অ্যালকিনের ওজোন-বিশ্লেষ করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায় (পৃঃ 109) ঃ

$$RCH=CHR \xrightarrow{O_3} \begin{array}{c} RCH\text{—}O\text{—}CHR \\ |\qquad\quad\; | \\ O\text{———}O \end{array} \xrightarrow{Zn/H_2O} RCHO$$

(5) **অ্যালকাইন থেকে ঃ** Hg^{2+} অনুঘটকের উপস্থিতিতে 60°—80° সে. উষ্ণতায় 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়ে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় (পৃঃ 127) ঃ

$$HC \equiv CH + H_2O \xrightarrow[\substack{20\% H_2SO_4 \\ 60^\circ-80^\circ}]{HgSO_4} CH_3CHO$$

এই পদ্ধতিতে শুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইডই প্রস্তুত করা যায়। অন্য অ্যালকাইনের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিতে কিটোন উৎপন্ন হয়।

(6) **অ্যালকিল সায়ানাইড থেকে ঃ স্টিফেন বিজারণ** (Stephen reduction) ঃ ইথার বা ইথাইল অ্যাসিটেটে অ্যালকিল সায়ানাইড দ্রবীভূত করে স্ট্যানাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে বিজারিত করলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তার আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে অ্যালডিহাইড পাওয়া যায় ঃ

$$\underset{\text{অ্যালকিল সায়ানাইড}}{RCN} \xrightarrow[\text{(ii) } H_2O]{\text{(i) } SnCl_2/HCl} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO}$$

প্রশ্ন ঃ 3F.3 প্রাইমারী অ্যালকোহল, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও অ্যাসিড ক্লোরাইড থেকে অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

3F.4 প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণের দ্বারা অ্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে কি সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন ?

3F.5 নীচের বিক্রিয়াগুলিতে বিকারকের নাম লেখ ঃ

(i) $RCOOH \longrightarrow RCOCl \longrightarrow RCHO$

(ii) $CH \equiv CH \longrightarrow CH_3CHO$

(iii) $RCH{=}CHR \longrightarrow$ RCH—O—CHR (দুই C পরমাণু নীচে O——O দ্বারা যুক্ত) $\longrightarrow RCHO$

(iv) $RCH_2OH \longrightarrow RCHO$

সাধারণ ধর্মাবলী ঃ (1) প্রথম সদস্য ফরম্যালডিহাইড সাধারণ অবস্থায় বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ এবং পরবর্তী সদস্য অ্যাসিট্যালডিহাইড বর্ণহীন তরল পদার্থ।

অ্যালডিহাইডের কার্বনিল গ্রুপের কার্বন ও অক্সিজেন দ্বি-বন্ধনী দিয়ে যুক্ত এবং অক্সিজেন তড়িৎ-ঋণাত্মক হওয়ায় বন্ধনী ইলেকট্রন নিজের দিকে টেনে রাখে, ফলে কার্বন অংশত ধনাত্মক ও অক্সিজেন অংশত ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। অর্থাৎ, অ্যালডিহাইড ধ্রুবীয় অণু এবং এদের ধ্রুবীয়তা ইথারের ধ্রুবীয়তা থেকে অনেক বেশী। তাই অ্যালডিহাইডের স্ফুটনাঙ্ক তুলনীয় আণবিক ওজনযুক্ত হাইড্রোকার্বন ও ইথারের স্ফুটনাঙ্ক থেকে বেশী। কিন্তু অ্যালডিহাইড অণুগুলি আন্তর আণবিক H-বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত হতে পারে না (হাইড্রোজেনগুলি শুধু কার্বনের সঙ্গে যুক্ত আছে বলে) তাই এদের স্ফুটনাঙ্ক তুলনীয় আণবিক ওজনযুক্ত অ্যালকোহলের থেকে বেশ কম হয়। সুতরাং তুলনীয় আণবিক ওজনযুক্ত হাইড্রোকার্বন, ইথার, অ্যালডিহাইড ও অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্কের ক্রম হল ঃ হাইড্রোকার্বন, ইথার $<$ অ্যালডিহাইড $<$ অ্যালকোহল। তুলনীয় আণবিক ওজনযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক সব থেকে বেশী—কারণ এরা আন্তর আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে ডাইমার গঠন করে।

পর পৃষ্ঠার তালিকায় তুলনীয় আণবিক ওজনযুক্ত এই যৌগগুলির তুলনামূলক স্ফুটনাঙ্কের উদাহরণ দেওয়া হল ঃ

তালিকা 3F.1 : তুলনীয় আণবিক ওজনযুক্ত অ্যালকেন, ইথার, অ্যালডিহাইড কিটোন, অ্যালকোহল ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক :

যৌগ			স্ফুটনাঙ্ক °সে.
নাম	শ্রেণী	আঃ ওজন	
n-পেনটেন	অ্যালকেন	72	36°
ডাইইথাইল ইথার	ইথার	74	35°
n-বিউটির‍্যালডিহাইড	অ্যালডিহাইড	72	76°
ইথাইল মিথাইল কিটোন	কিটোন	72	80°
n-বিউটাইল অ্যালকোহল	অ্যালকোহল	74	118°
প্রপিওনিক অ্যাসিড	কার্বক্সিলিক অ্যাসিড	74	141°

3F.6 নীচের যৌগ-জোড়গুলির মধ্যে কোন্‌টির স্ফুটনাঙ্ক বেশী ?

(i) n-বিউটেন ও প্রপান্যাল, (ii) ডাইইথাইল ইথার ও বিউটান্যাল, (iii) 1-প্রপানল ও প্রপান্যাল।

(2) **জারণ :** অ্যালডিহাইড সহজেই জারিত হয়ে যায় এবং জারণের ফলে **সমসংখ্যক** কার্বন পরমাণুযুক্ত **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড** উৎপন্ন করে :

$$\text{RCHO} \xrightarrow{\text{জারক দ্রব্য}} \text{RCOOH}$$

জারক দ্রব্য হিসাবে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট, ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বা ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে বায়ু সাধারণত ব্যবহার করা হয়।

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে অ্যালডিহাইডগুলি শক্তিশালী বিজারক। তাই মৃদু জারক (i) অ্যামোনিয়াযুক্ত **সিলভার নাইট্রেট** বা **টোলেন্স-বিকারক (Tollens reagent)** এবং (ii) **ফেলিং দ্রবণ (Fehling's solution)** ও অ্যালডিহাইডকে অ্যাসিডে জারিত করে দেয়। কিন্তু এই জারকগুলি কিটোনকে জারিত করতে পারে না। তাই এই দুটি বিক্রিয়ার মাধ্যমে অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

● অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারকের সঙ্গে অ্যালডিডিহাইডের বিক্রিয়া :

অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ প্রস্তুতি : প্রায় 3 মি.লি. 0·1N $AgNO_3$ দ্রবণে অ্যামোনিয়ার খুব লঘু জলীয় দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা করে যোগ করা হয় যতক্ষণ না প্রথম আসা অধঃক্ষেপ ঠিক দ্রবীভূত হয়ে যায়। মূলত $[Ag(NH_3)_2]^+NO_3^-$ থাকে।

টোলেন্স বিকারক প্রস্তুতি : (i) 3 গ্রাম $AgNO_3$ 30 মি.লি. পাতিত জলে দ্রবীভূত করে $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। (ii) 3 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড 30 মি.লি. পাতিত জলে দ্রবীভূত করে কস্টিক সোডা দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। প্রয়োজন মত একটি পরিষ্কার পরীক্ষানলে সম আয়তন (যেমন, 1 মি.লি.) $AgNO_3$ ও NaOH-এর দ্রবণ-মিশিয়ে ফোঁটা ফোঁটা করে লঘু অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করা হয় যতক্ষণ না প্রথম আসা অধঃক্ষেপ ঠিক দ্রবীভূত হয়ে যায়। মূলত $[Ag(NH_3)_2]^+OH^-$ থাকে।

অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারক উভয়েরই কার্যশীল আয়নটি হল $Ag(NH_3)_2^+$ এবং এটি বিজারণের ফলে ধাতব সিলভার উৎপন্ন করে। সুবিধার জন্য অবশ্য এই বিক্রিয়া অনেক সময় Ag_2O হিসাবে দেখানো হয়।

অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বা টোলেন্স বিকারকের সঙ্গে অ্যালডিহাইড যৌগ মিশিয়ে জলগাহে মৃদু উত্তপ্ত করলে বিজারণের ফলে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরীক্ষানলে পরীক্ষাটি করলে ধাতব সিলভার পরীক্ষানলের গায়ে জমে চকচকে রুপোর আয়না উৎপন্ন করে বা কালো অধঃক্ষেপ হিসাবে পৃথক হয়ে আসে ঃ

$$RCHO + Ag_2O \longrightarrow RCOOH + 2Ag\downarrow$$

$$[\ \underset{\text{বর্ণহীন দ্রবণ}}{RCHO + 2[Ag(NH_3)_2]^+OH^-} \longrightarrow RCOONH_4 + \underset{\text{রুপালী আয়না}}{2Ag\downarrow} + 3NH_3 + H_2O]$$

[এই দ্রবণ দুটি ব্যবহারে সতর্কতা নেওয়া প্রয়োজন। উত্তপ্ত করলে বা কয়েক ঘন্টা রেখে দিলে বিস্ফোরক সিলভার ফালমিনেট উৎপন্ন হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। প্রয়োজন মত অল্প পরিমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা উচিত এবং পরীক্ষাটি হয়ে গেলে অবশেষকে প্রচুর জল দিয়ে ধুয়ে ফেলে পরীক্ষা নলকে লঘু HNO_3 দিয়ে ধুয়ে ফেলা উচিত।]

ফেলিং দ্রবণের (Fehling's Solution) সঙ্গে অ্যালডিহাইডের বিক্রিয়া ঃ

ফেলিং দ্রবণ A ও B সম-আয়তনে মিশালে একটি গাঢ় নীল রং-এর দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণে অ্যালডিহাইড যৌগ যোগ করে উত্তপ্ত করলে অ্যালডিহাইড ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে এবং লাল রং-এর কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$\underset{\text{গাঢ় নীল দ্রবণ}}{2CuO} + RCHO \longrightarrow RCOOH + \underset{\text{লাল}}{Cu_2O\downarrow}$$

অ্যালডিহাইড গ্রুপযুক্ত অনেক যৌগ যেমন, অনেক অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে না। আবার, α-হাইড্রক্সিকিটোনসমূহ অর্থাৎ —CH(OH)CO-গ্রুপযুক্ত যৌগ ফেলিং-দ্রবণকে বিজারিত করে।

[**ফেলিং দ্রবণ A** হল কপার সালফেটের ($CuSO_4$, $5H_2O$) জলীয় দ্রবণ। এর রঙ নীল। **ফেলিং দ্রবণ B** হল সোডিয়াম পটাসিয়াম টারট্রেট এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ।

এই দুটি দ্রবণ সম-আয়তনে মিশালে গাঢ় নীল রং-এর একটি দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এতে থাকে Cu^{2+} এর নীল রং-এর জটিল লবণ—সুবিধার্থে ফেলিং দ্রবণকে CuO হিসাবে লেখা হয়।]

প্রশ্ন ঃ 3F.7 অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে পার্থক্য করতে ব্যবহৃত হতে পারে এমন দুটি জারক দ্রব্যের নাম কর।

3F.8 টোলেন্স বিকারকের রং কি ? অ্যালডিহাইডের সঙ্গে টোলেন্স বিকারকের বিক্রিয়ায় কি চাক্ষুষ পরিবর্তন ঘটে ? কেন ?

3.F9 ফেলিং বিকারকের রং কি ? অ্যালডিহাইডের সঙ্গে ফেলিং দ্রবণের বিক্রিয়ায় কি চাক্ষুষ পরিবর্তন ঘটে ? কেন ?

(3) **বিজারণ ঃ** বিজারক দ্রব্য ও বিক্রিয়ার শর্তানুযায়ী অ্যালডিহাইড **প্রাইমারী অ্যালকোহল** বা **হাইড্রোকার্বনে** বিজারিত হয়।

(i) **প্রাইমারী অ্যালকোহলে বিজারণ ঃ**

$$RCHO \xrightarrow{[H]} RCH_2OH$$

অনুঘটকজনিত হাইড্রোজেনেসন (Pt, Pd বা Ni-এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ), সোডিয়াম অ্যামালগাম-জল, লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$), সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইড ($NaBH_4$), আইসোপ্রপানল দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম আইসোপ্রপক্সাইড (মীরভাইন—পনডর্ফ-ভ্যারলী বিজারণ—Meerwein-Ponndorf-Varley reduction) ইত্যাদি অ্যালডিহাইডকে প্রাইমারী অ্যালকোহলে বিজারিত করে।

(ii) **হাইড্রোকার্বনে বিজারণ ঃ ক্লেমেনসেন বিজারণ** (Clemmensen reduction) ঃ অ্যালডিহাইড বা কিটোন জিংক-পারদ সংকর ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় বিজারিত হয়ে

হাইড্রোকার্বন উৎপন্ন করে, অর্থাৎ C = O (কার্বনিল) গ্রুপ CH_2 (মিথিলিন) গ্রুপে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াটির আবিষ্কারক ক্লেমেনসেনের নামানুসারে বিক্রিয়াটিকে **ক্লেমেনসেন বিজারণ** বলা হয়।

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow[\text{গাঢ় HCl}]{Zn/Hg} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CH_2$$

[R′ = H হলে, যৌগটি অ্যালডিহাইড।]

হাইড্রাজিন ও তীব্র ক্ষারক যেমন **KOH,** সোডিয়াম ইথোক্সাইড ইত্যাদির ক্রিয়াতেও অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে হাইড্রোকার্বনে বিজারিত করা যায় (উলফ-কিশ্‌নার বিজারণ—**Wolff-Kishner reduction**) ঃ

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C=O \xrightarrow[\text{KOH, তাপ}]{NH_2NH_2} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>CH_2$$

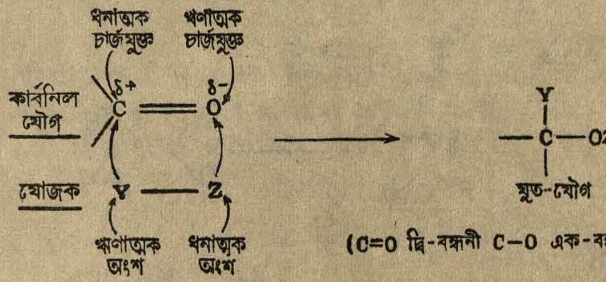
প্রশ্ন ঃ 3F.10 অ্যালডিহাইডকে (i) প্রাইমারী অ্যালকোহলে, (ii) হাইড্রোকার্বনে বিজারিত করতে পারে এমন দুটি করে বিকারকের নাম কর।

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণী পরস্পরের সঙ্গে সম্পর্কিত। একটি সমগণীয় শ্রেণী আলোচনার সময় স্বতঃই অন্য সমগণীয় শ্রেণীর আলোচনাও এসে পড়ে। প্রাইমারী অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সম্পর্ক নীচে দেখানো হল ঃ

$$\underset{\text{প্রাইমারী অ্যালকোহল}}{RCH_2OH} \underset{\text{বিজারণ}}{\overset{\text{জারণ}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow{\text{জারণ}} \underset{\text{কার্বক্সিলিক অ্যাসিড}}{RCOOH}$$

আগে বলা হয়েছে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অ্যালডিহাইডে বিজারণ সহজসাধ্য নয়।

(4) **যুত-বিক্রিয়া ঃ** অ্যালডিহাইডে কার্বন ও অক্সিজেন পরমাণুদ্বয় দ্বি-বন্ধ দিয়ে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ, অ্যালডিহাইড একটি অসম্পৃক্ত গ্রুপ। সুতরাং উপযুক্ত বিকারক অ্যালডিহাইডের কার্বন-অক্সিজেন দ্বি-বন্ধে (C = O) যুক্ত হতে পারে। C = O গ্রুপে কার্বন সর্বদা আংশিক ধনাত্মক চার্জযুক্ত এবং অক্সিজেন আংশিক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত (যেহেতু অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেশী)। সুতরাং বিকারকের ধনাত্মক অংশ সর্বদা অক্সিজেনের সঙ্গে এবং ঋণাত্মক অংশ কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়। ফলে C = O দ্বিবন্ধনী C—O এক বন্ধনীতে পরিণত হয়। নীচে সাধারণভাবে বিষয়টি দেখানো হল ঃ



(C=O দ্বি-বন্ধনী C−O এক-বন্ধনীতে পরিণত হয়েছে)

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে অ্যালডিহাইড ও কিটোন উভয় প্রকার যৌগেই কার্বনিল গ্রুপ (C = O) উপস্থিত এবং এই গ্রুপটিই মূলত উভয়প্রকার যৌগেরই ধর্ম নিয়ন্ত্রিত করে। **কিটোনেরও অ্যালডিহাইডের মতই মূল বিক্রিয়া যুত-বিক্রিয়া** এবং দুটি বিক্রিয়ারই প্রকৃতি একই ধরনের (উপরের চিত্র দেখ)।

C = C এবং C = O উভয়ক্ষেত্রেই যুত-বিক্রিয়া ঘটে। অর্থাৎ, অ্যালকিন ও কার্বনিল উভয়প্রকার যৌগেরই মূল বিক্রিয়া যুত-বিক্রিয়া। কিন্তু এই যুত-বিক্রিয়া দুটির মধ্যে একটি পার্থক্য

আছে। C = C যুক্ত যৌগটি যদি অপ্রতিসম (unsymmetrical) হয় (যেমন $CH_3CH=CH_2$) সেক্ষেত্রে অপ্রতিসম যোজকের (addendum) ধনাত্মক বা ঋণাত্মক অংশ কোন্ কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হবে সে সম্পর্কে সমস্যার উদ্ভব হয়। বিক্রিয়ার কৌশল (reaction mechanism) থেকে বলা যায় কোন্ বিক্রিয়াজাতটি মুখ্য এবং কোন্‌টি গৌণ হবে। এ সম্পর্কে মারকনিকফের সূত্রের কথা আগেই উল্লেখ করা হয়েছে (পৃঃ 108)। যেমন, প্রপিনে HBr সংযুক্তির ক্ষেত্রে (পারঅক্সাইডের অনুপস্থিতিতে) মুখ্য বিক্রিয়াজাত 2-ব্রোমোপ্রপেন ও গৌণ বিক্রিয়াজাত 1-ব্রোমোপ্রপেন (মুখ্য বিক্রিয়াজাত সেইটি যেটি উৎপন্ন হয় যোজকের ঋণাত্মক অংশ কম সংখ্যক H-পরমাণু যুক্ত C-এর সঙ্গে সংযুক্তির মাধ্যমে)।

$$CH_3CH=CH_2 + HBr \longrightarrow \underset{\text{2-ব্রোমোপ্রপেন (মুখ্য)}}{CH_3CHBrCH_3} + \underset{\text{1-ব্রোমোপ্রপেন (গৌণ)}}{CH_3CH_2CH_2Br}$$

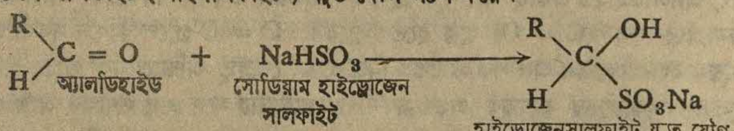
কিন্তু C = O গ্রুপের ক্ষেত্রে এই ধরনের কোন সমস্যার উদ্ভব হয় না। **সর্বদা যোজকের ধনাত্মক অংশ অক্সিজেনে এবং ঋণাত্মক অংশ কার্বনে সংযুক্ত হয়।**

আবার, C = C ও C = O-তে যে যোজকগুলি যুক্ত হয় তারা ভিন্ন প্রকৃতির হয়। যেমন, হাইড্রোজেন হ্যালাইড, হ্যালোজেন, হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড C = C-তে যুক্ত হয়, কিন্তু C = O-তে যুক্ত হয় না। পক্ষান্তরে, HCN, অ্যামোনিয়া, সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট, অ্যালকোহল ইত্যাদি C = O-তে যুক্ত হয়, কিন্তু C = C-তে যুক্ত হয় না।

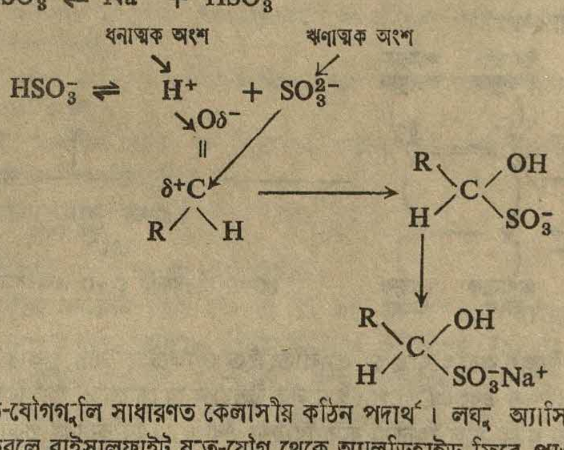
প্রশ্ন ঃ 3F.11 অ্যালডিহাইডের মুখ্য বিক্রিয়া কি? অপ্রতিসম অ্যালকিনের সঙ্গে অপ্রতিসম যোজকের যুত-বিক্রিয়ায় কি সমস্যার উদ্ভব হয়? একটি উদাহরণ দাও। কার্বনিলের যুত-বিক্রিয়ায় কি এরকম সমস্যার উদ্ভব হয়? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

অ্যালডিহাইড সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট, হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া, গ্রীগনার্ড বিকারক (RMgX)-এর সঙ্গে যুত-যৌগ গঠন করে।

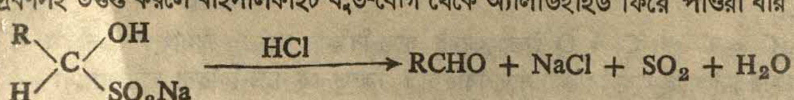
(i) সম্পৃক্ত সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট দ্রবণের সঙ্গে ঝাঁকালে অ্যালডিহাইড হাইড্রোজেন সালফাইট (বাইসালফাইট) যুত যৌগ গঠন করে।



$$[\ NaHSO_3 \rightleftharpoons Na^+ + HSO_3^-$$



বাইসালফাইট যুত-যৌগগুলি সাধারণত কেলাসীয় কঠিন পদার্থ। লঘু অ্যাসিড বা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে বাইসালফাইট যুত-যৌগ থেকে অ্যালডিহাইড ফিরে পাওয়া যায়ঃ



সুতরাং বাইসালফাইট যুত-যৌগ গঠনের মারফত অ্যালডিহাইডকে কার্বনিল নয় এমন যৌগ থেকে পৃথক করা যায়। অর্থাৎ বাইসালফাইট যুত-যৌগ গঠন করে অ্যালডিহাইডসমূহকে বিশুদ্ধ করা যায়। যেমন, অ্যালডিহাইড ও অ্যালকোহলের মিশ্রণ থেকে যথা, অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ইথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ থেকে এই পদ্ধতি ব্যবহার করে অ্যাসিট্যালডিহাইড পৃথক করা যায়।

(ii) অ্যালডিহাইডে হাইড্রোজেন সায়ানাইড যুক্ত হয়ে **সায়ানোহাইড্রিন** গঠন করে। অ্যালডিহাইড যৌগের সঙ্গে সোডিয়াম সায়ানাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটিয়ে সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করা হয় ঃ

$$\begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C=O \;+\; HCN \longrightarrow \begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OH \\ CN \end{matrix}$$

সায়ানোহাইড্রিন

সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে ৎ-হাইড্রক্সি অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ঃ

$$RCH(OH)CN \xrightarrow{H_2O,\ H^+} RCH(OH)COOH$$

ৎ-হাইড্রক্সি অ্যাসিড

(iii) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড, গঠন করে অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যুত-যৌগ ঃ

$$\begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C=O + NH_3 \longrightarrow \begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OH \\ NH_2 \end{matrix}$$

অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া

(iv) অ্যালডিহাইডের সঙ্গে গ্রীগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ গঠিত হয় ঃ

ঋণাত্মক অংশ ধনাত্মক অংশ

$$\begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C=O + R\ MgX \longrightarrow \begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OMgX \\ R \end{matrix}$$

উৎপন্ন যুত যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল পাওয়া যায় ঃ

$$\begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} O\boxed{MgX\ \ HO}H \\ R \end{matrix} \xrightarrow{H_2O} \begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OH \\ R \end{matrix} + Mg(OH)X$$

অবশ্য ফরম্যালডিহাইড ছাড়া অন্য অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। ফরম্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে উৎপন্ন হয় প্রাইমারী অ্যালকোহল।

(v) অ্যালডিহাইড জলের সঙ্গে দুঃস্থিত হাইড্রেট যৌগ গঠন করতে পারে ঃ

$$\begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C=O \;+\; H_2O \longrightarrow \begin{matrix} R \\ H \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$$

অ্যালডিহাইড হাইড্রেট (দুঃস্থিত)

ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ক্লোরাল স্থায়ী হাইড্রেট উৎপন্ন করে ঃ

$$CCl_3CHO \;+\; H_2O \longrightarrow CCl_3{-}\underset{OH}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}{-}OH$$

ক্লোরাল ক্লোরাল হাইড্রেট

অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া—হেমি অ্যাসিটাল (অর্ধ অ্যাসিটাল) ও অ্যাসিটাল (acetal) গঠন :

শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড প্রথমে 1 অণু অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে দুঃস্থিত হেমি অ্যাসিটাল (**hemiacetal**) এবং তারপর আর একটি অণু অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটাল উৎপন্ন করে :

$$\underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{R-\overset{\overset{H}{|}}{C}=O} + \underset{\text{অ্যালকোহল}}{HOR'} \xrightleftharpoons{\text{HCl গ্যাস}} \underset{\text{হেমি অ্যাসিটাল}}{R-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{OR'}{|}}{C}}-\boxed{OH + H}OR'} \rightleftharpoons \underset{\text{অ্যাসিটাল}}{R-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{OR'}{|}}{C}}-OR'}$$

অ্যাসিটাল হল 1, 1-ডাইঅলের ডাইইথার। এখানে একটা কথা উল্লেখ্য যে অ্যাসিটাল ক্ষারক দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না, কিন্তু অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

প্রশ্ন : 3F.12 নীচের যোজকগুলির কোন্‌টি অ্যালকিনে ও কোন্‌টি অ্যালডিহাইডে যুক্ত হয় ?
(i) Br_2, (ii) HBr, (iii) HCN, (iv) $NaHSO_3$, (v) HOCl, (vi) RMgX, (vii) অ্যালকোহল, (viii) NH_2OH, (ix) NH_2NH_2.

3F.13 অ্যাসিট্যালডিহাইডে অল্প পরিমাণে ইথানল অবিশুদ্ধি হিসাবে আছে। এই মিশ্রণ থেকে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করবে ?

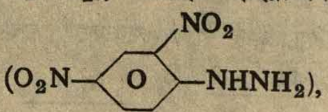
3F.14 নীচের বিক্রিয়াগুলিতে A, B, C, D, E-এর সংকেত ও নাম লেখ :

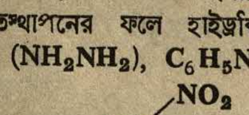
(i) $RCHO + NaHSO_3 \longrightarrow A$

(ii) $RCHO \xrightarrow{NaCN/H_2SO_4} B \xrightarrow{H_2O,\ H^+} C$

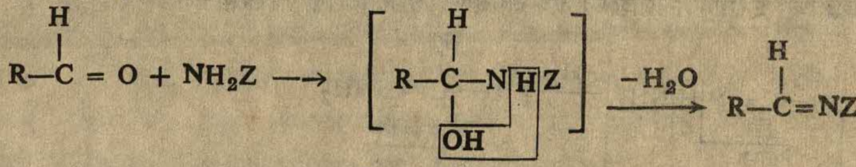
(iii) $RCHO \xrightarrow{R'MgX} D \xrightarrow{H_2O} E$

3F.15 হেমিঅ্যাসিটাল ও অ্যাসিটাল বলতে কি বোঝায় ? শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালডিহাইড (RCHO) ও অ্যালকোহলের (R'OH) বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

যুত বিক্রিয়া এবং তারপর জল বিমোচন : কতকগুলি বিকারক যেমন, হাইড্রক্সিল্যামিন (NH_2OH), হাইড্রাজিন (NH_2NH_2), ফিনাইল হাইড্রাজিন ($C_6H_5NHNH_2$), 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইলহাইড্রাজিন (), সেমিকার্বাজাইড ($NH_2CONHNH_2$), অ্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে যুত-যৌগ গঠন করে এবং তারপর জল বিমোচন করে যথাক্রমে অক্সিম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন, 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল-হাইড্রাজোন, সেমিকার্বাজোন যৌগ উৎপন্ন করে। যুত-যৌগ গঠনের পর জল বিমোচন করে যে বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন হয় সেইটিই পাওয়া যায়।

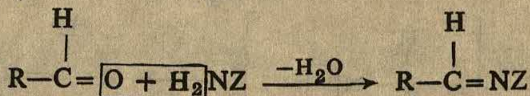
উপরের বিকারকগুলিকে NH_3-এর জাতক হিসাবে গণ্য করা যায়। NH_3-এর একটি হাইড্রোজেন OH দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে হাইড্রক্সিল্যামিন (NH_2OH), NH_2 দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে হাইড্রাজিন (NH_2NH_2), C_6H_5NH দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে ফিনাইল হাইড্রাজিন ($C_6H_5NHNH_2$),  দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন এবং $NHCONH_2$ দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে সেমিকার্বাজাইড উৎপন্ন হয়েছে বলে ধরা যায়। বিকারকগুলিকে H_2N-Z এই সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়। হাইড্রক্সিল্যামিনের ক্ষেত্রে Z = OH, হাইড্রাজিনের ক্ষেত্রে Z = NH_2 ইত্যাদি।

এই বিক্রিয়াগুলিকে সাধারণভাবে নীচের মত প্রকাশ করা যায় ঃ



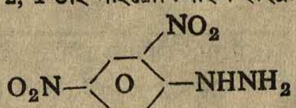
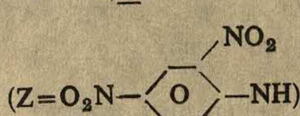
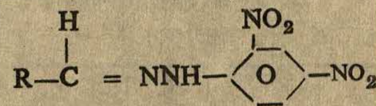
তৃতীয় বন্ধনী দিয়ে বোঝানো হয়েছে
যুত-যৌগটি পৃথক করা যায় না।

বা, খুব সরলভাবে লেখা যায় ঃ

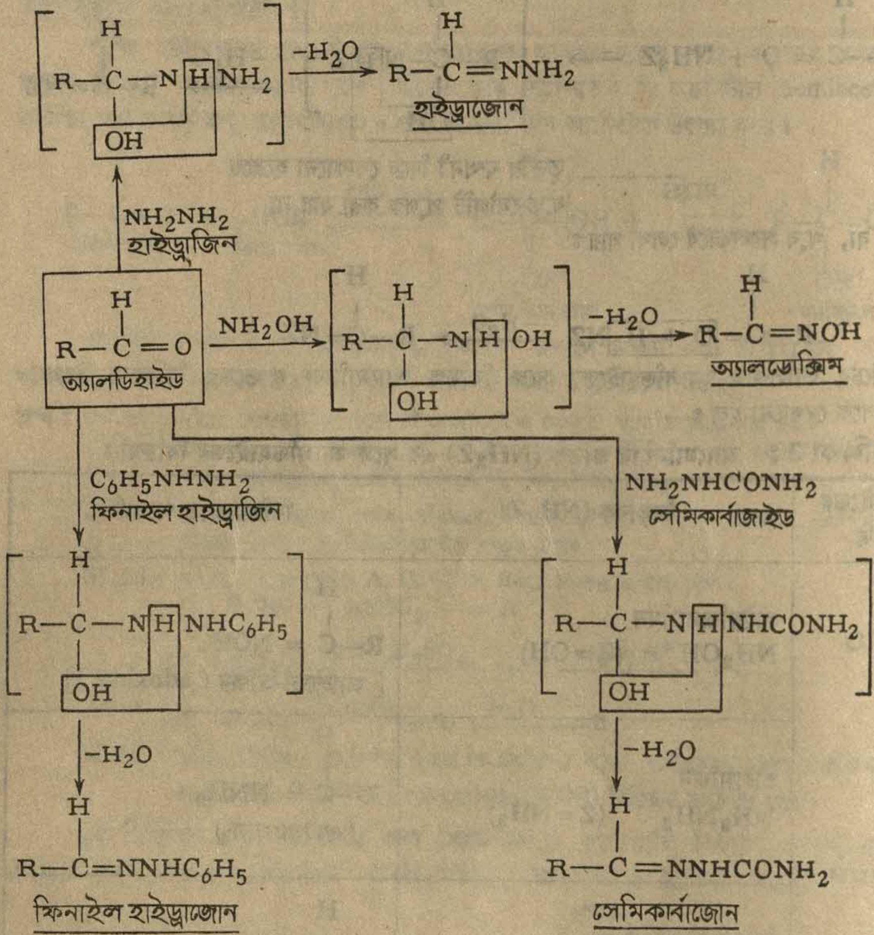


নীচের তালিকায় অ্যালডিহাইডের সঙ্গে বিভিন্ন অ্যামোনিয়া জাতকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলিকে দেখানো হল ঃ

তালিকা 3 ঃ অ্যামোনিয়ার জাতক (NH_2Z)-এর সঙ্গে অ্যালডিহাইডের বিক্রিয়া ঃ

অ্যালডিহাইডের সংকেত	বিকারক (NH_2Z)	বিক্রিয়াজাত পদার্থ
$R-\overset{H}{\overset{\vert}{C}}=O$	হাইড্রক্সিল্যামিন NH_2OH ($Z=OH$)	$R-\overset{H}{\overset{\vert}{C}}=NOH$ [অ্যালডো-অক্সিম (adoxime)]
	হাইড্রাজিন NH_2NH_2 ($Z=NH_2$)	$R-\overset{H}{\overset{\vert}{C}}=NNH_2$ (হাইড্রাজোন)
	ফিনাইল হাইড্রাজিন $C_6H_5NHNH_2$ ($Z=C_6H_5NH$)	$R-\overset{H}{\overset{\vert}{C}}=NNHC_6H_5$ (ফিনাইল হাইড্রাজোন)
	2, 4-ডাই-নাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন  	 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইলহাইড্রাজোন
	সেমিকার্বাজাইড $NH_2NHCONH_2$ ($Z=NHCONH_2$)	$R-\overset{H}{\overset{\vert}{C}}=NNHCONH_2$ সেমিকার্বাজোন

নীচের ছকে হাইড্রক্সিল্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, 2, 4-ডাই-নাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন ও সেমিকার্বাজাইডের সঙ্গে অ্যালডিহাইডের বিক্রিয়া দেখানো হল ঃ



উৎপন্ন এই বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি অর্থাৎ, অক্সিম, হাইড্রাজোন ইত্যাদি সাধারণত চমৎকার কেলাসীয় কঠিন পদার্থ এবং এই পদার্থগুলির মাধ্যমে অ্যালডিহাইডকে চেনা যায়।

অক্সিম ও হাইড্রাজোনকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে রিফ্লাক্স করলে কার্বনিল যৌগটি ফিরে পাওয়া যায়।

হাইড্রক্সিল্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, সেমিকার্বাজাইড ইত্যাদি যৌগগুলি বায়ুতে (বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা) **সহজেই জারিত হয়ে যায়।** এই যৌগগুলি **ক্ষারকীয় এবং অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন করে।** লবণগুলি বায়ুতে সহজে জারিত হয় না। তাই এই যৌগগুলিকে সাধারণত লবণ হিসাবে সংরক্ষণ করা হয়। যেমন,

$NH_2OH{\cdot}HCl\ (\overset{\oplus}{N}H_3OH\overset{\ominus}{Cl})$ হাইড্রক্সিল্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড

$NH_2NH_2.HCl\ (NH_2\overset{\oplus}{N}H_3\overset{\ominus}{Cl})$ হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড

$C_6H_5NHNH_2.HCl(C_6H_5NHN\overset{\oplus}{H_3}\overset{\ominus}{Cl})$ ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড

$NH_2NHCONH_2.HCl\ (\overset{\oplus}{N}H_3NHCONH_2\overset{\ominus}{Cl})$ সেমিকার্বাজাইড হাইড্রোক্লোরাইড

কিন্তু এই লবণগুলি কার্বনিল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। তাই কার্বনিল যৌগের সঙ্গে এই লবণগুলির বিক্রিয়া সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে ঘটানো হয়। সোডিয়াম অ্যাসিটেট প্রথমে লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে মূল বিকারককে নির্গত করে দেয় এবং এই মূল বিকারক কার্বনিল যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। যেমন, কোন অ্যালডিহাইডের সঙ্গে হাইড্রক্সিল্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড ও সোডিয়াম অ্যাসিটেটের বিক্রিয়ায় নিম্নলিখিত ভাবে অক্সিম গঠিত হয়ঃ

$$RCHO \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2OH.HCl} RCH = NOH$$

$$NH_2OH.HCl + CH_3COONa \longrightarrow NH_2OH + CH_3COOH + NaCl$$

$$R-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C}=\boxed{O + H_2}NOH \xrightarrow{-H_2O} R-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C} = NOH$$

অক্সিম

অন্যান্য ক্ষেত্রেও একইভাবে বিক্রিয়া ঘটে।

এখানে আর একটি কথা উল্লেখ্যঃ **কার্বনিল যৌগের এই যুত বিক্রিয়াগুলিতে অ্যাসিড অনুঘটক হিসাবে কাজ করতে পারে।** কিন্তু বেশী পরিমাণে অ্যাসিড থাকলে বিক্রিয়াটি ব্যাহত হয়, কারণ সেক্ষেত্রে অ্যাসিড মূল বিকারকের সঙ্গেই লবণ উৎপন্ন করে। বিকারকগুলির হাইড্রোক্লোরাইড লবণ ও সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটালে **অ্যাসিটিক অ্যাসিড** উৎপন্ন হয়—অ্যাসিটিক অ্যাসিড মৃদু অ্যাসিড যা কার্বনিলের যুত বিক্রিয়ায় অনুঘটক হিসাবে কাজ করে এবং বিকারককেও সক্রিয় রাখে। তাই বিক্রিয়া সহজেই ঘটতে পারে।

প্রশ্নঃ **3F.16** হাইড্রক্সিল্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন, সেমি কার্বাজাইডের সংকেত লেখ।

3F.17 হাইড্রক্সিল্যামিন বা সেমিকার্বাজাইড সাধারণত লবণ হিসাবে সংরক্ষণ করা হয় কেন?

3F.18 অ্যালডিহাইডের সঙ্গে হাইড্রক্সিল্যামিন হাইড্রোক্লোরাইডের বিক্রিয়া সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে ঘটানো হয় কেন?

3.F19 অ্যালডিহাইডের যুত-বিক্রিয়ায় অ্যাসিড অনুঘটকরূপে কাজ করে। তাহলে অ্যালডিহাইডের সঙ্গে হাইড্রক্সিল্যামিনের বিক্রিয়া গাঢ় HCl-এর উপস্থিতিতে ঘটানো হয় না কেন?-

3F.20 নীচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ করঃ

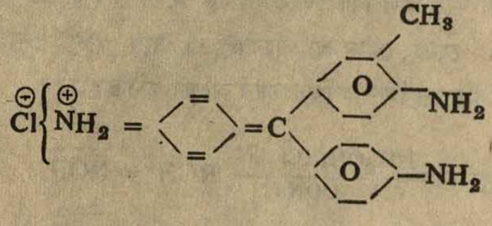
(i) $RCHO \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2OH.HCl}$ (ii) $RCHO \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2NH_2.HCl}$

(iii) $RCHO \xrightarrow[CH_3COONa]{C_6H_5NHNH_2.HCl}$ (iv) $RCHO \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2NHCONH_2.HCl}$

(5) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়াঃ** ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড ডাইক্লোরোপ্যারাফিন উৎপন্ন করে—কোন HCl উৎপন্ন হয় নাঃ

$$RCHO + PCl_5 \longrightarrow RCHCl_2 + POCl_3$$

(6) **সিফ বিকারক (Schiff's reagent)-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ফার্কসিন হাইড্রোক্লোরাইডের লাল রঙের লঘু জলীয় দ্রবণের মধ্যে SO_2 গ্যাস চালনা করলে লাল রং বিরঞ্জিত হয়ে বর্ণহীন হয়ে যায়। একে সিফ-বিকারক বলে।



ফার্কসিন হাইড্রোক্লোরাইড (ম্যাজেন্টা)

সিফ বিকারকের সঙ্গে ঝাঁকালে অ্যালডিহাইড সিফ বিকারকের ম্যাজেন্টা রং ফিরিয়ে আনে। সমস্ত অ্যালডিহাইডই অবশ্য সিফ-বিকারকের ম্যাজেন্টা রং ফিরিয়ে আনতে পারে না।

[উত্তপ্ত করলে সিফ বিকারকের ম্যাজেন্টা রং ফিরে আসে। তাই সিফ বিকারক নিয়ে পরীক্ষায় কখনও উত্তপ্ত করা হয় না।]

(7) **ক্যানিজারো বিক্রিয়া (Cannizzaro Reaction) ঃ** যে সব অ্যালডিহাইডে ∝-H পরমাণু* নাই সেই সব অ্যালডিহাইডকে গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে আন্তর আণবিক স্বতঃ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া সংঘটিত হয়—এক অণু অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে অনুষঙ্গী অ্যাসিডে পরিণত হয় (লবণ হিসাবে অবস্থান করে) এবং অপর একটি অ্যালডিহাইড অণু বিজারিত হয়ে অনুষঙ্গী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। এই স্বতঃ জারণ-বিজারণ ক্যানিজারো বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

যেমন, ফরম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণের সঙ্গে 50% সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে এক অণু ফরম্যালডিহাইড জারিত হয়ে ফরমিক অ্যাসিড (সোডিয়াম ফরমেট রূপে থাকে) এবং অপর অণু বিজারিত হয়ে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{2HCHO} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ফরমেট}}{HCOONa} + \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH}$$

অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইডগুলিতে ∝-H পরমাণু না থাকায় এরা ক্যানিজারো বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণ করে। যেমন, বেনজ্যালডিহাইড গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বেনজাইল অ্যালকোহল ও সোডিয়াম বেনজোয়েট উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{বেনজ্যালডিহাইড}}{2C_6H_5CHO} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{বেনজাইল অ্যালকোহল}}{C_6H_5CH_2OH} + \underset{\text{সোডিয়াম বেনজোয়েট}}{C_6H_5COONa}$$

∝-H পরমাণু বিহীন দুটি বিভিন্ন অ্যালডিহাইডের মিশ্রণের সঙ্গে গাঢ় NaOH বা KOH দ্রবণের বিক্রিয়ায় একটি অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে অ্যাসিড এবং অপর অ্যালডিহাইডটি বিজারিত হয়ে অ্যালকোহল উৎপন্ন করে—এই বিক্রিয়া যুগ্ম ক্যানিজারো (Cross Cannizzaro) বিক্রিয়া নামে পরিচিত। যেমন, বেনজ্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেট ও বেনজাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{বেনজ্যালডিহাইড}}{C_6H_5CHO} + \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{বেনজাইল অ্যালকোহল}}{C_6H_5CH_2OH} + \underset{\text{সোডিয়াম ফরমেট}}{HCOONa}$$

যুগ্ম ক্যানিজারো (Cross Cannizzaro) বিক্রিয়ায় একটি অ্যালডিহাইড হিসাবে ফরম্যালডিহাইড ব্যবহৃত হলে সর্বদা এটি ফরমিক অ্যাসিডে জারিত হয় এবং অপর অ্যালডিহাইডটি অ্যালকোহলে বিজারিত হয়।

[* অ্যালডিহাইড গ্রুপের পাশের কার্বন পরমাণুকে ∝-C পরমাণু বলে এবং ∝-C পরমাণুর

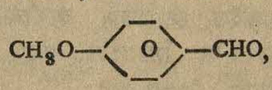
সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুকে ∝-H পরমাণু বলে। যেমন অ্যাসিট্যালডিহাইডে (CH_3CHO) তিনটি ∝-H-পরমাণু আছেঃ

$$\overset{\alpha}{CH_3}-CHO$$
$$\uparrow$$
$$\alpha\text{-H}$$

ফরম্যালডিহাইডের ∝-C পরমাণুই নাই, তাই ∝-H থাকার প্রশ্ন ওঠে না। কোন অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইডেই ∝-H পরমাণু নাই।]

প্রশ্ন ঃ 3F.21 নীচের যৌগগুলিতে কয়টি করে ∝-H পরমাণু (যদি থাকে) আছে ?

(i) প্রপান্যাল, (ii) ট্রাইমিথাইল অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) 2-মিথাইলপ্রপান্যাল,

(iv) , (v) ক্লোরাল।

3F.22 ট্রাইমিথাইল অ্যাসিট্যালডিহাইডকে গাঢ় KOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে কি ঘটে ?

3F.23 কোন বিজারক দ্রব্য ব্যবহার না করে ফরম্যালডিহাইড থেকে মিথাইল অ্যালকোহল কিভাবে পাওয়া যায় ?

3F.24 কোন জারক দ্রব্য ব্যবহার না করে ফরম্যালডিহাইড থেকে ফরমিক অ্যাসিড কিভাবে পাওয়া যায় ?

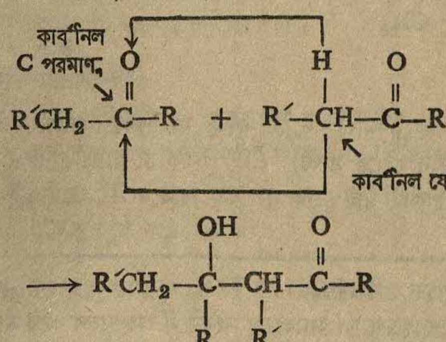
3F.25 ফরম্যালডিহাইড ব্যবহার করে কিভাবে অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল প্রস্তুত করা যায় ?

3F.26 নীচের বিক্রিয়াগুলি সম্পূর্ণ কর ঃ

(i) $HCHO \xrightarrow{\text{গাঢ় NaOH দ্রবণ}}$ (ii) $C_6H_5CHO \xrightarrow{\text{গাঢ় NaOH দ্রবণ}}$

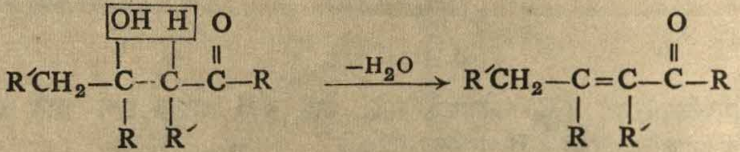
(iii) $C_6H_5CHO + HCHO \xrightarrow[\text{দ্রবণ}]{\text{গাঢ় NaOH}}$

(৪) **অ্যালডল সংঘনন** (Aldol condensation) ঃ লঘু ক্ষারক বা লঘু অ্যাসিডের প্রভাবে ∝-H পরমাণুযুক্ত অ্যালডিহাইড বা কিটোনের দুটি অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে অ্যালডল বা β-হাইড্রক্সি কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে বলে অ্যালডল সংঘনন। প্রতিটি ক্ষেত্রেই একটি অ্যালডিহাইড (বা কিটোন) অণুর ∝-কার্বন পরমাণু অপর অ্যালডিহাইড (বা কিটোন) অণুর কার্বনিল কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে।



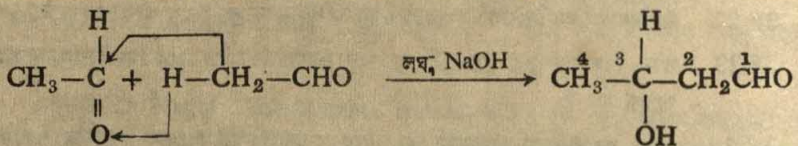
[R = H হলে যৌগটি হয় অ্যালডিহাইড ($R'CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$) আর R = অ্যালকিল হলে যৌগটি হয় কিটোন]।

অ্যালডল সহজেই যেমন উত্তপ্ত করলে এক অণু জল বিমোচন করে অসম্পৃক্ত যৌগে পরিণত হয় :



অ্যালডিহাইডের **অ্যালড্** এবং অ্যালকোহলের **অল** নিয়ে নাম হয়েছে **অ্যালডল**। অ্যালডলে অ্যালডিহাইড (—CHO) এবং হাইড্রক্সি (OH) উভয় গ্রুপই উপস্থিত থাকে।

উদাহরণ : (1) লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, সোডিয়াম কার্বনেট বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইড বর্ণহীন সিরাপীয় তরল পদার্থ অ্যালডল বা β-হাইড্রক্সিবিউটির‍্যালডিহাইড (3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল) উৎপন্ন করে :



অ্যালডল

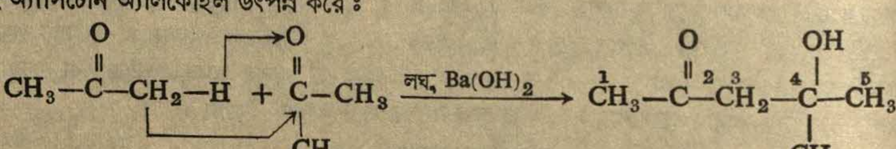
(β-হাইড্রক্সিবিউটির‍্যালডিহাইড
বা 3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল)

উত্তপ্ত করলে অ্যালডল এক অণু জল বিমোচন করে ক্রোটোন্যালডিহাইড (2-বিউটিন্যাল) উৎপন্ন করে :

$$CH_3CH\boxed{OH\,\boxed{CH_2}}CHO \longrightarrow CH_3CH = CHCHO + H_2O$$

অ্যালডল — ক্রোটোন্যালডিহাইড (2-বিউটিন্যাল)

(2) অ্যাসিটোন লঘু বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের (ব্যারাইটা, **baryta**) সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করে :



ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল
(4-হাইড্রক্সি-4-মিথাইল-2-পেন্টানোন)

অ্যালডল সংঘনন ঘটতে পারে—(i) দুটি একই বা ভিন্ন অ্যালডিহাইড অণুর মধ্যে, (ii) দুটি একই বা ভিন্ন কিটোন অণুর মধ্যে, (iii) একটি অ্যালডিহাইড ও একটি কিটোন অণুর মধ্যে। কার্বনিল যৌগের প্রকৃতি যাই হোক না কেন, শুধু α-H পরমাণুই অ্যালডল সংঘননে অংশগ্রহণ করে।

> α-H বিহীন অ্যালডিহাইড গাঢ় NaOH বা KOH দ্রবণের সঙ্গে ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এই অ্যালডিহাইডগুলি অ্যালডল সংঘননে অংশগ্রহণ করে না।
>
> α-H যুক্ত অ্যালডিহাইডগুলি গাঢ় ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না—রেজিনে পরিণত হয়। এই অ্যালডিহাইডগুলি লঘু ক্ষারীয় দ্রবণের সঙ্গে অ্যালডল সংঘননে অংশগ্রহণ করে।

প্রশ্ন ঃ 3F.27 (a) অ্যালডল কি ? একটি অ্যালডলের সংকেত ও নাম লেখ। অ্যালডলটি কোন্ কার্বনিল যৌগ থেকে প্রস্তুত করা যায় ? (b) ফরম্যালডিহাইড ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, কিন্তু অ্যাসিট্যালডিহাইড তা করে না। —এর কারণ কি ? (J.E.E. '87)

3F.28 নীচের যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টি অ্যালডল সংঘনন ও কোন্‌টি ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে ? কোন্‌টি কোনটিতেই অংশগ্রহণ করে না ?

(i) HCHO, (ii) CH_3CHO, (iii) CH_3CH_2CHO, (iv) $CH_3CH_2CH_2CHO$,

(v) CH_3COCH_3, (vi) $CH_3COCH_2CH_3$, (vii) $CH_3—C(CH_3)_2—CHO$

(viii) $(CH_3)_3C—C(=O)—C(CH_3)_2$, (ix) C_6H_5CHO, (x) CCl_3CHO.

3F.29 নীচের যৌগগুলির সঙ্গে লঘু ও গাঢ় NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় কি ঘটে ?

(i) HCHO, (ii) CH_3CHO, (iii) CCl_3CHO, (iv) CH_3CH_2CHO, (v) $(CH_3)_3CCHO$

> কার্বনিল যৌগের বিক্রিয়াগুলিকে মোটামুটি দুটি বিশদ ভাগে ভাগ করা যায় ঃ (1) কার্বনিল গ্রুপের বিক্রিয়া এবং (2) কার্বনিল যৌগে α-H পরমাণুর উপস্থিতিজনিত বিক্রিয়া। শেষোক্ত বিক্রিয়ার উদাহরণ অ্যালডল সংঘনন। জৈব রসায়নে এই বিক্রিয়া একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়াতে কার্বন–কার্বন বন্ধনী সৃষ্টি হয়। জৈব সংশ্লেষণে এই বিক্রিয়া বা এই ধরনের বিক্রিয়া (**aldol type reaction**) প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

(9) **বহুযৌগিকতা (Polymerisation)** ঃ অ্যালডিহাইডসমূহ অ্যাসিড ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিভিন্ন বহুযৌগিক যৌগ উৎপন্ন করে। ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়াগুলি আলোচিত হল।

ফরম্যালডিহাইড, মিথান্যাল, HCHO

সাধারণ অবস্থায় ফরম্যালডিহাইড একটি গ্যাসীয় পদার্থ। বাণিজ্যিক (commercial) ফরম্যালডিহাইড সাধারণত জলীয় দ্রবণেই পাওয়া যায়।

3F.5 প্রস্তুতি (Preparation)

প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতিগুলির সাহায্যে ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু বাজারে এর যোগান এত বেশী যে খুব কম ক্ষেত্রেই ফরম্যালডিহাইড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয়।

(1) সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে মিথাইল অ্যালকোহলকে জারিত করে ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$CH_3OH \xrightarrow[H_2SO_4]{Na_2Cr_2O_7} HCHO$$

(2) শুষ্ক ক্যালসিয়াম ফরমেটকে উত্তপ্ত করলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায় ঃ

$$(HCOO)_2Ca \longrightarrow HCHO + CaCO_3$$

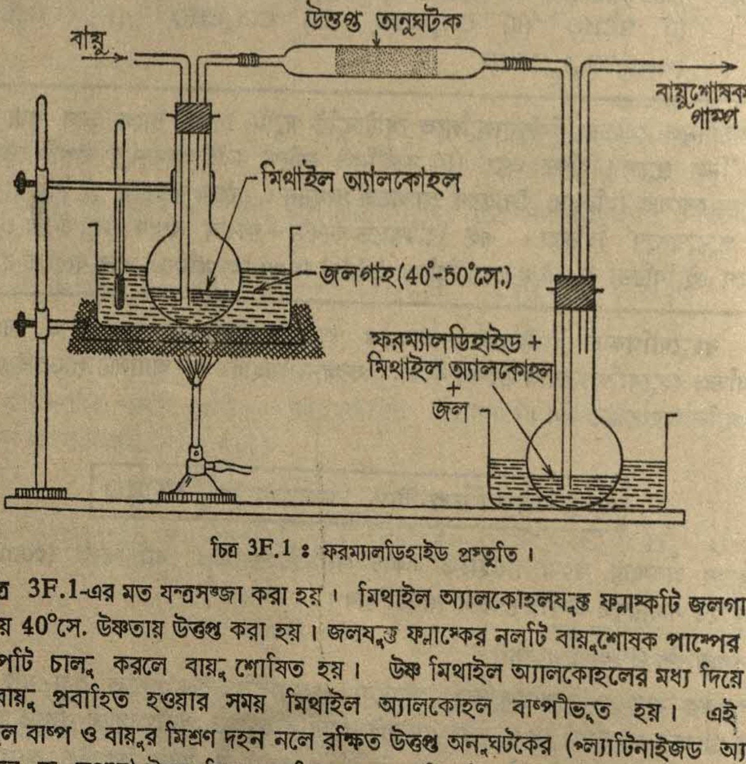
উভয় পদ্ধতিতেই উৎপন্ন ফরম্যালডিহাইড গ্যাস জলে চালনা করে জলীয় দ্রবণ হিসাবে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায় ঃ

(3) **পণ্য উৎপাদন :** (a) মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ 400°সে. উষ্ণতায় সিলভার অনুঘটকের উপর দিয়ে চালিত করলে মিথাইল অ্যালকোহল অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে :

$$CH_3OH + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow[400^\circ \text{সে.}]{Ag} HCHO + H_2O$$

উদ্ভূত গ্যাস ঘনীভূত করলে যে তরল পাওয়া যায় তা হল ফরম্যালডিহাইড, মিথাইল অ্যালকোহল ও জলের মিশ্রণ। এই মিশ্রণ থেকে অতিরিক্ত মিথানল পাতন করে দূর করলে যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাকে বলে **ফরমালিন**। এতে থাকে 40% ফরম্যালডিহাইড, 8% মিথাইল অ্যালকোহল ও 52% জল। (40% ফরম্যালডিহাইডের দ্রবণ সাধারণত ফরমালিন নামে পরিচিত)।

এই পদ্ধতিতে বায়ুর পরিমাণ সতর্কতার সঙ্গে নিয়ন্ত্রণ করা হয়, নতুবা ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হতে পারে। সিলভারের পরিবর্তে কপার, প্ল্যাটিনামও ব্যবহার করা যায়। এই পদ্ধতিটি প্রয়োগ করে পরীক্ষাগারে ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায় :



চিত্র 3F.1 : ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতি।

চিত্র 3F.1-এর মত যন্ত্রসজ্জা করা হয়। মিথাইল অ্যালকোহলযুক্ত ফ্লাস্কটি জলগাহের উপর বসিয়ে প্রায় 40°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। জলযুক্ত ফ্লাস্কের নলটি বায়ুশোষক পাম্পের সঙ্গে যুক্ত করে পাম্পটি চালু করলে বায়ু শোষিত হয়। উষ্ণ মিথাইল অ্যালকোহলের মধ্য দিয়ে বুদ্‌বুদ্‌ আকারে বায়ু প্রবাহিত হওয়ার সময় মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্পীভূত হয়। এই মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ দহন নলে রক্ষিত উত্তপ্ত অনুঘটকের (প্ল্যাটিনাইজড অ্যাসবেসটস বা সিলভার বা কপার) উপর দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং মিথাইল অ্যালকোহল জারিত হয়ে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত করে ফরমালিন পাওয়া যায়। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে ফরমিক অ্যাসিড উৎপত্তি রোধ করার জন্য এই প্রস্তুতিতে বায়ুর পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত জরুরী।

(b) মিথাইল অ্যালকোহল বাষ্প 400°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত সিলভার অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে মিথাইল অ্যালকোহলের ডিহাইড্রোজেনেসন দ্বারাও ফরম্যালডিহাইড উৎপাদন করা হয় :

$$CH_3OH \xrightarrow[400^\circ \text{সে.}]{Ag} HCHO + H_2$$

(c) প্রাকৃতিক গ্যাস বা মিথেন থেকে ফরম্যালডিহাইডের পণ্য উৎপাদন করা হয়। (পৃঃ 96 দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন : 3F.30 মিথাইল অ্যালকোহলের বায়ু দ্বারা জারণে ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে বায়ুপ্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন কেন?

3F.31 ফরমালিন কি?

3F.32 মিথাইল অ্যালকোহলের বায়ু দ্বারা জারণে ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত তিনটি অনুঘটকের নাম কর।

3F.6 ভৌত ধর্ম (Physical Properties)

সাধারণ অবস্থায় ফরম্যালডিহাইড একটি বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাসীয় পদার্থ। গ্যাসটিকে সহজেই তরলীভূত করা যায়, তরলের স্ফুটনাংক $-21°$সে.।

ফরম্যালডিহাইড জলে অত্যধিক দ্রবণীয় এবং সাধারণত জলীয় দ্রবণ হিসাবেই সংরক্ষণ ও ব্যবহার করা হয়।

বিশুদ্ধ অবস্থায় ফরম্যালডিহাইড প্রায় পাওয়াই যায় না কারণ এটি সহজেই বহুযৌগিক উৎপন্ন করে। কিন্তু জলীয় দ্রবণে এটি অপেক্ষাকৃত স্থায়ী। জলের সঙ্গে হাইড্রেট

```
     H
     |
(H—C—OH)
     |
     OH
```

উৎপন্ন করার জন্য বহুযৌগিকতা ব্যাহত হয়, ফলে জলীয় দ্রবণে এর স্থায়িত্ব বাড়ে। হাইড্রেটটি অবশ্য পৃথক করা যায় না।

3F.7 রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical Reaction)

অন্যান্য অ্যালডিহাইডের মত ফরম্যালডিহাইডে—CHO গ্রুপ আছে। সুতরাং এর অনেক বিক্রিয়াই অ্যালডিহাইডসমূহের সাধারণ বিক্রিয়ার অনুরূপ। কিন্তু ফরম্যালডিহাইডই একমাত্র অ্যালডিহাইড যার কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত আছে। সুতরাং ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে অন্যান্য অ্যালডিহাইডের কিছু গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য আছে। নীচের আলোচনায় উপযুক্ত ক্ষেত্রে এই পার্থক্যগুলি উল্লেখ করা হল।

(1) **ফরম্যালডিহাইড একটি শক্তিশালী বিজারক।** সুতরাং তীব্র ও মৃদু উভয় প্রকার জারক দ্রব্যই ফরম্যালডিহাইডকে ফরমিক অ্যাসিডে জারিত করে।

$$\underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{H\,COOH}$$

(i) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট সালফিউরিক অ্যাসিড বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ফরম্যালডিহাইডকে ফরমিক অ্যাসিডে জারিত করে।

(ii) **অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বা টোলেন্স বিকারক** দ্বারা ফরম্যালডিহাইড ফরমিক অ্যাসিডে জারিত হয় এবং টোলেন্স বিকারক বিজারিত হয়ে রূপালী আয়না উৎপন্ন করে ঃ

$$RCHO + Ag_2O \longrightarrow RCOOH + 2Ag\downarrow$$
$$(HCOOH + NH_4OH \longrightarrow HCOONH_4 + H_2O)$$

(iii) ফরম্যালডিহাইড ফেলিং দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে—লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$HCHO + 2CuO \longrightarrow HCOOH + Cu_2O\downarrow$$
$$(HCOOH + NaOH \longrightarrow HCOONa + H_2O)$$

(iv) **ফরম্যালডিহাইড সিফ-বিকারকের ম্যাজেন্টা বর্ণ ফিরিয়ে আনে,** মারকিউরিক ক্লোরাইডকে মারকিউরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে (মারকিউরাস ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে) এবং অরিক ক্লোরাইডকে কলয়েডীয় গোল্ডে বিজারিত করে।

(2) ফরম্যালডিহাইড সহজেই বিজারিত হয়ে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল, মিথানল উৎপন্ন করে। যেমন, সোডিয়াম অ্যামালগাম-জল একে মিথানলে বিজারিত করে ঃ

$$HCHO \xrightarrow[H_2O]{Na/Hg} CH_3OH$$

(3) ফরম্যালডিহাইড যুত-বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে ঃ

(i) **হাইড্রোজেন সায়ানাইডের** সঙ্গে সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে ঃ

$$HCHO + HCN \longrightarrow HCH(OH)CN$$

(ii) **সোডিয়াম বাইসালফাইটের** সঙ্গে সোডিয়াম বাইসালফাইট যুত-যৌগ গঠন করে ঃ

$$HCHO + NaHSO_3 \longrightarrow \underset{\underset{SO_3Na}{|}}{HCH}{-}OH$$

(4) **গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে** ফরম্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় প্রথমে একটি যুত-যৌগ গঠিত হয় এবং এটি আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে প্রাইমারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{H{-}\overset{\overset{H}{|}}{C}=O} + \underset{\substack{\text{মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম}\\ \text{আয়োডাইড}\\ \text{(গ্রীগনার্ড বিকারক)}}}{CH_3MgI} \longrightarrow \underset{\text{যুতযৌগ}}{CH_3{-}\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}{-}O\boxed{-MgI}} \quad H\boxed{-OH}$$

$$\xrightarrow{H_2O} \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3{-}\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}{-}OH} + Mg(OH)I$$

ফরম্যালডিহাইড গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রাইমারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। **RMgX** গ্রীগনার্ড বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হলে RCH_2OH সংকেতযুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। অন্যান্য অ্যালডিহাইডগুলি গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সেকেন্ডারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

(5) ফরম্যালডিহাইড (i) **হাইড্রক্সিল্যামিনের** সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ফরম্যালডোক্সিম**, (ii) **ফিনাইল হাইড্রাজিনের** সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ফরম্যালডিহাইড ফিনাইল হাইড্রাজোন** এবং (iii) **সেমিকার্বাজাইডের** সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ফরম্যালডিহাইড সেমিকার্বাজোন** উৎপন্ন করে ঃ

(i) $$H{-}\overset{\overset{H}{|}}{C}=\boxed{O + H_2}NOH \longrightarrow \underset{\text{ফরম্যালডোক্সিম}}{H_2C = NOH}$$

(ii) $$H{-}\overset{\overset{H}{|}}{C}=\boxed{O + H_2}NNHC_6H_5 \longrightarrow \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড ফিনাইল হাইড্রাজোন}}{H_2C = NNHC_6H_5}$$

$$\text{(iii)}\quad H-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}} = \boxed{O + H_2}NNHCONH_2 \longrightarrow \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড সেমিকার্বাজোন}}{H_2C = NNHCONH_2}$$

ফরম্যালডোক্সিম ও ফরম্যালডিহাইড ফিনাইল হাইড্রাজোনের গলনাংক খুব কম, এদের তৈলাক্ত তরল হিসাবে পাওয়া যায়। কিন্তু ফরম্যালডিহাইড সেমিকার্বাজোনের গলনাংক 169°সে., তাই সেমিকার্বাজোন তৈরি করে ফরম্যালডিহাইডকে সনাক্ত করা যায়।

প্রশ্ন : 3F.33 ফরম্যালডিহাইডের অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোন জাতকগুলির মধ্যে প্রথম দুটি তৈলাক্ত তরল এবং তৃতীয়টি কেলাসীয় কঠিন (গলনাংক 169° সে.)। ফরম্যালডিহাইডকে সনাক্ত করার জন্য কোন্ জাতকটি প্রস্তুত করবে? কেন?

(6) আগেই উল্লেখ করা হয়েছে কিছু গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়ায় ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে অন্য অ্যালডিহাইডগুলির (যেমন অ্যাসিট্যালডিহাইডের) পার্থক্য আছে। নীচে এই বিক্রিয়াগুলি দেওয়া হল :

(a) ফরম্যালডিহাইড ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না এবং $I_2/NaOH$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না (অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে পার্থক্য)—যদিও আয়োডিনের বর্ণ বর্ণহীন করে এবং নিজে পরিমাণগত ভাবে ফর্মিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়।

(b) অন্যান্য অ্যালডিহাইডের মত ফরম্যালডিহাইড অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যুত যৌগ গঠন করে না। কিন্তু **অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায়** ফরম্যালডিহাইড সাদা রঙের কেলাসীয় কঠিন পদার্থ **হেক্সামিথিলিনটেট্রামিন** (hexamethylene-tetramine, গলনাংক 260°সে.) উৎপন্ন করে :

$$6HCHO + 4NH_3 \longrightarrow \underset{\text{হেক্সামিথিলিনটেট্রামিন}}{(CH_2)_6N_4} + 6H_2O$$

হেক্সামিথিলিনটেট্রামিনকে সংক্ষেপে হেক্সামিনও বলা হয়। এটি ইউরোট্রপিন (Urotropine) বাণিজ্যিক নামে রেচন তন্ত্রের সংক্রমণের চিকিৎসায় ঔষধশাস্ত্রে ব্যবহৃত হয়।

(c) α-H পরমাণু না থাকায় ফরম্যালডিহাইড অ্যালডল সংঘননে অংশগ্রহণ করে না (অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে পার্থক্য)।

(i) মৃদু ক্ষারকের (যেমন চুনের জল) বা কম গাঢ়ত্বের তীব্র ক্ষারকের উপস্থিতিতে ফরম্যালডিহাইড বহুযৌগিক উৎপন্ন করে।

(ii) গাঢ় তীব্র ক্ষারকের উপস্থিতিতে ফরম্যালডিহাইড ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। ফরম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণ গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে বা এই মিশ্রণকে একদিন ঘরের উষ্ণতায় রেখে দিলে একটি স্বতঃ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে এবং 2-অণু ফরম্যালডিহাইড থেকে এক অণু মিথাইল অ্যালকোহল ও এক অণু ফর্মিক অ্যাসিড (ফরমেট রূপে থাকে) উৎপন্ন হয় :

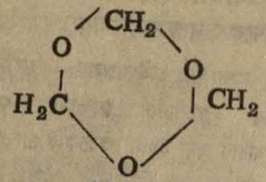
$$2HCHO + NaOH \longrightarrow CH_3OH + HCOONa$$

(7) **বহুযৌগিকতা (Polymerisation) :**

(i) ফরম্যালডিহাইডের জলীয় দ্রবণ বাষ্পীভূত করলে একটি সাদা কেলাসীয় কঠিন পদার্থ (গলনাংক : 121°—123°সে.) পাওয়া যায়। একে **প্যারাফরম্যালডিহাইড** বলে। এটি ফরম্যালডিহাইডের পলিমারের মিশ্রণ $HO-(CH_2-O)_n-CH_2OH$ যেখানে n-এর মান 6 থেকে 50 পর্যন্ত হতে পারে। প্যারাফরম্যালডিহাইডকে পলিমিথান্যালও বলা হয়। উত্তপ্ত করলে প্যারাফরম্যালডিহাইড থেকে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

[ফরমালিনে উপস্থিত মিথানল থেকে ফরম্যালডিহাইডকে আংশিক পাতন করে পৃথক করা যায় না। ফরম্যালিন থেকে প্যারাফরম্যালডিহাইড প্রস্তুত করে প্যারাফরম্যালডিহাইডকে জলের সঙ্গে রিফ্লাক্স করে দ্রবীভূত করলে ফরম্যালডিহাইডের বিশুদ্ধ জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।]

(ii) ফরম্যালডিহাইড গ্যাস সাধারণ উষ্ণতায় রেখে দিলে বা সামান্য সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত 60% ফরম্যালডিহাইড দ্রবণকে পাতিত করলে সাদা রং-এর কঠিন পদার্থ মেটাফরম্যালডিহাইড,



ট্রাইঅক্সান

ট্রাইঅক্সিমিথিলিন বা ট্রাইঅক্সান পাওয়া যায়। ট্রাইঅক্সান $(CH_2O)_3$ (গলনাঙ্ক 61—62°সে.) একটা বলয়াকার ট্রাইমার (trimer), এটি জলে দ্রাব্য এবং এর বিজারণ গুণ নাই। ট্রাইঅক্সান উত্তপ্ত করলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

ব্যবহার ঃ (1) বিভিন্ন প্লাস্টিক ও সংশ্লেষিত রেজিন প্রস্তুতিতে ফরম্যালডিহাইড মুখ্যত ব্যবহৃত হয়। ইউরিয়ার সঙ্গে ফরম্যালডিহাইড রেজিন উৎপন্ন করে এগুলি মূল্যবান adhesive রূপে ব্যবহৃত হয়। ফেনলের সঙ্গে ফরম্যালডিহাইড 'বেকেলাইট' (Bakelite) নামক প্ল্যাস্টিক উৎপন্ন করে। বেকেলাইট বিভিন্ন প্রয়োজনীয় দ্রব্যসামগ্রী যেমন, টেলিফোনের গ্রাহক যন্ত্র, বৈদ্যুতিক সাজসরঞ্জাম, খেলনা প্রস্তুতিতে প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

(2) ফরম্যালডিহাইড খুব শক্তিশালী জীবাণুনাশক ও বীজবারক। সংক্রামক রোগীর ব্যবহৃত ঘর জীবাণুমুক্ত করতে ফরম্যালডিহাইড ব্যবহৃত হয়।

(3) মৃত জীবজন্তু সংরক্ষণে বা এদের দেহের বিভিন্ন অংশ, হাড় ইত্যাদি সংরক্ষণে ফরমালিন ব্যবহার করা হয়। ফরমালিন এদের পচন নিবারণ করে।

(4) ফরম্যালডিহাইড জাত যৌগ হেক্সামিন বা ইউরোট্রপিন রেচন তন্ত্রের সংক্রমণের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

(5) ফরম্যালডিহাইডের সঙ্গে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় উৎপন্ন সাইক্লোনাইট একটি শক্তিশালী বিস্ফোরক।

অ্যাসিট্যালডিহাইড, ইথান্যাল, CH_3CHO

3F.8 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি ঃ (1) পরীক্ষাগারে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট এবং নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে ইথানলকে জারিত করে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ

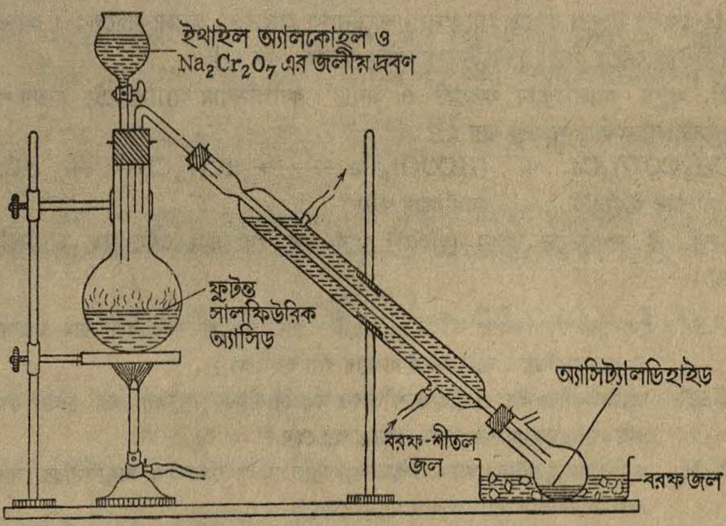
$$CH_3CH_2OH + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{Na_2Cr_2O_7} CH_3CHO + H_2O$$

$$(3CH_3CH_2OH + Na_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \longrightarrow 3CH_3CHO + Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

যন্ত্রসজ্জা ঃ চিত্র 3F.2-এর মত যন্ত্রসজ্জা করা হয়। একটি গোলতল ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল লাগানো হয়। নির্গম নলটি একটি লিবিগ শীতকের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। শীতকটির শেষপ্রান্ত একটি গ্রাহক পাত্রের সঙ্গে যোগ করা থাকে। গ্রাহক পাত্রটি বরফে বা বরফ-জলে বসানো থাকে এবং লিবিগ

শীতকের মধ্য দিয়ে বরফ শীতল জল চালানোর ব্যবস্থা থাকে। গোলতল ফ্লাস্কটি একটি বালিগাহে বসানো হয়।

পদ্ধতি: গোলতল ফ্লাস্কে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (1 : 3, প্রায় 25 মি.লি.) নেওয়া হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবণ (15 গ্রাম সোডিয়াম ডাইক্রোমেট 15 মি.লি. জলে) এবং ইথানলের (12 মি.লি.) মিশ্রণ নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটি বালিগাহের উপর রেখে বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করে সালফিউরিক অ্যাসিড ফোটানো হয় এবং তারপর বার্নার সরিয়ে দেওয়া হয়। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবণ এবং ইথানলের মিশ্রণ ধীরে ধীরে ফুটন্ত সালফিউরিক অ্যাসিডে ঢালা হল। [বিক্রিয়াটি তাপ উদ্গারী, তাই বিক্রিয়াটি একবার আরম্ভ হলে আর উত্তাপ প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। তবে সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবণ এবং ইথানলের মিশ্রণ ধীরে ধীরে এমনভাবে ঢালা হয় যাতে ফ্লাস্কের অ্যাসিডের ফোটা বন্ধ না হয়]। শীতকের মধ্য দিয়ে সর্বক্ষণ বরফ শীতল জল চালনা করা হয়। ইথানলের জারণের ফলে উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড পাতিত হয়ে কিছু জল ও ইথানল অশুদ্ধিসহ গ্রাহকপাত্রে তরলরূপে জমা হয়।



চিত্র 3F.2 : অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ: প্রাপ্ত তরলে অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেট যোগ করে রেখে দেওয়া হয়। এতে জল ও অ্যালকোহল অনেকটা দূর হয়। তারপর উষ্ণ জলগাহ থেকে পাতিত করা হয় এবং 20°—22°সে. উষ্ণতায় পাতিতাংশ সংগ্রহ করা হয়। এতে প্রায় বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিট্যালডিহাইডকে শুষ্ক ইথারে দ্রবীভূত করে দ্রবণকে অ্যামোনিয়া গ্যাস দিয়ে সম্পৃক্ত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যুত-যৌগ কেলাসাকারে পৃথক হয়ে আসে। এই কেলাস পৃথক করে নিয়ে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে পাতিত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া যৌগ বিয়োজিত হয়ে যায় এবং 21°সে. উষ্ণতায় বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাতিতাংশ হিসাবে সংগৃহীত হয়।

$$CH_3-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}=O + HNH_2 \longrightarrow CH_3-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{\underset{\displaystyle NH_2}{|}}{C}}}-OH$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া

$$\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া}}{CH_3CH(OH)-NH_2} + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + NH_4HSO_4$$

[**মনে রাখ :** (1) সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ব্যবহার করা হয় কারণ অ্যালকোহলের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট অপেক্ষা এটি বেশী দ্রাব্য।

(2) ইথাইল অ্যালকোহলের এইভাবে জারণের মাধ্যমে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে একটি অসুবিধার সৃষ্টি হয় : অ্যাসিট্যালডিহাইড নিজেই অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যেতে পারে। সুতরাং এটি যাতে না ঘটতে পারে তার জন্য অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হওয়া মাত্র একে পৃথক করে ফেলা প্রয়োজন। তাই প্রস্তুতিতে ফুটন্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ডাইক্রোমেট-ইথানলের মিশ্রণ ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। এতে জারকদ্রব্য অতিরিক্ত পরিমাণে থাকে না এবং কম স্ফুটনাংক বিশিষ্ট অ্যাসিট্যালডিহাইড (স্ফুটনাংক 21° সে.) উৎপন্ন হওয়া মাত্র পাতিত হয়ে আসে এবং উচ্চতর স্ফুটনাংক যুক্ত ইথানল (স্ফুটনাংক 78° সে.) জারিত হওয়া পর্যন্ত দ্রবণে থেকে যায়—অবশ্য কিছুটা ইথানলও পাতিত হয়ে আসে। [আগেই বলা হয়েছে অ্যালডিহাইডের (আন্তর আণবিক H-বন্ধনী উৎপন্ন করতে পারে না) স্ফুটনাংক অনুষঙ্গী অ্যালকোহলের (আন্তর আণবিক H-বন্ধনী উৎপন্ন করতে পারে) স্ফুটনাংক থেকে অনেক কম।]

(2) শুষ্ক ক্যালসিয়াম ফরমেট ও অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের মিশ্রণ শুষ্ক পাতন করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায় :

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম ফরমেট}}{(HCOO)_2Ca} \longrightarrow 2CH_3CHO + 2CaCO_3$$

কিন্তু এই পদ্ধতিতে ফলন (yield) খুব কম হয় এবং অবিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : **3F.34** ইথানলের জারণ দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে সাধারণত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ব্যবহার না করে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ব্যবহার করা হয় কেন?

3F.35 অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে শীতকের মধ্য দিয়ে বরফ শীতল জল চালনা করা হয় কেন? গ্রাহক পাত্রটিই বা বরফ-জলে বসানো হয় কেন?

3F.36 অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতিতে ইথানল, সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথমেই একসঙ্গে মিশিয়ে পাতিত করা হয় না কেন?

3F.37 অ্যাসিট্যালডিহাইড, ইথানল ও জলের মিশ্রণ থেকে আংশিক পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া সম্ভব কি?

পণ্যোৎপাদন (1) **অ্যাসিটিলিন থেকে :** মারকারি (II) সালফেট ($HgSO_4$) অনুঘটকের উপস্থিতিতে 60°—80° সে. উষ্ণতায় 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ইথাইন (অ্যাসিটিলিন) গ্যাস চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় Hg^{2+} এবং H_2SO_4 অনুঘটকরূপে কাজ করে এবং অ্যাসিটিলিন অণুতে এক অণু জল যুক্ত হয়ে প্রথমে দুঃস্থিত ভিনাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। ভিনাইল অ্যালকোহল অ্যাসিট্যালডিহাইডে রূপান্তরিত হয়।

$$HC \equiv CH + H_2O \xrightarrow[\text{60°—80° সে.}]{\text{20\% } H_2SO_4 \,/\, HgSO_4} \underset{\text{ভিনাইল অ্যালকোহল}}{[CH_2 = CHOH]} \xrightarrow{\text{(দুঃস্থিত)}} CH_3CHO$$

পাতন করে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড সংগ্রহ করা হয়।

(2) **ইথিলিন থেকে : ওয়াকার পদ্ধতি (Wacker Process) :** কপার (II) লবণের উপস্থিতিতে প্যালাডিয়াম (II) ক্লোরাইড ($PdCl_2$) দিয়ে জলে ইথিনের (ইথিলিনের) জারণের দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপাদন করা হয় :

$$H_2C = CH_2 + H_2O + PdCl_2 \longrightarrow CH_3CHO + 2HCl + Pd$$

Cu^{2+} উৎপন্ন Pd-কে জারিত করে আবার Pd^{2+} উৎপন্ন করে :

$$Pd + 2Cu^{2+} \longrightarrow Pd^{2+} + 2Cu^{+}$$

বায়ুর উপস্থিতিতে Cu^{+} আবার Cu^{2+}-এ জারিত হয়ে যায় :

$$4Cu^{+} + O_2 + 4HCl \longrightarrow 4Cu^{2+} + 2H_2O + 4Cl^{-}$$

সুতরাং এই বিক্রিয়ায় অনুঘটক-পরিমাণে (catalytic amount) প্যালাডিয়াম (II) ক্লোরাইড ও কপার (II) লবণের প্রয়োজন হয় এবং মূল খরচা হয় ইথিলিনের জন্য। যেহেতু অ্যাসিটিলিন অপেক্ষা ইথিলিন স্বল্প দামে পাওয়া যায় তাই এই পদ্ধতি অ্যাসিটিলিন পদ্ধতির পরিবর্তে বেশী বেশী করে ব্যবহৃত হচ্ছে।

(3) **ইথানল থেকে :** (i) ইথানল বাষ্প বায়ুর সঙ্গে মিশিয়ে 300° সে. উষ্ণতায় সিলভার অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে ইথানল জারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে :

$$CH_3CH_2OH + \tfrac{1}{2}O_2 \xrightarrow[300^\circ \text{ সে.}]{\text{Ag (অনুঘটক)}} CH_3CHO + H_2O$$

(ii) 300° সে. উষ্ণতায় সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত কপার অনুঘটকের উপর দিয়ে ইথানল বাষ্প চালনা করলে ইথানলের ডিহাইড্রোজেনেসনের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[300^\circ \text{ সে.}]{\text{Cu (অনুঘটক)}} CH_3CHO + H_2O$$

প্রশ্ন : 3F.38 অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতির নীচের বিক্রিয়াগুলির শর্ত ও বিকারকের নাম লেখ :
(i) অ্যাসিটিলিনের জল-যোজন দ্বারা, (ii) ইথিলিনের জারণ দ্বারা, (iii) ইথানলের বায়ু দিয়ে জারণ দ্বারা, (iv) ইথানলের ডিহাইড্রোজেনেসন দ্বারা।

3F.9 ভৌত ধর্ম (Physical properties)

অ্যাসিট্যালডিহাইড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন, উদ্বায়ী তরল পদার্থ, স্ফুটনাঙ্ক 21° সে.। আমাদের দেশে গরমকালে অ্যাসিট্যালডিহাইডের বোতল খুললে বোতলের তরল স্বতঃস্ফূর্তভাবে ফুটতে থাকে। অ্যাসিট্যালডিহাইড জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।

বিক্রিয়া (1) জারণ : (a) অ্যাসিট্যালডিহাইড সহজেই সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায় :

$$CH_3CHO + [O] \longrightarrow CH_3COOH$$

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড, অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়। অ্যাসিট্যালডিহাইডের বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত সূক্ষ্ম প্ল্যাটিনামের চূর্ণ বা কপারের উপর দিয়ে চালনা করলেও অনুঘটকজনিত জারণের ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(b) অ্যাসিট্যালডিহাইড সহজেই জারিত হয়ে যায়, তাই এটি একটি শক্তিশালী বিজারক। মৃদু জারক দ্রব্যও একে জারিত করতে পারে :

(i) অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে ধাতব সিলভারের চকচকে আয়না উৎপন্ন করে—নিজে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায় ঃ

$$CH_3CHO + Ag_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2Ag\downarrow$$
$$CH_3COOH + NH_4OH \longrightarrow CH_3COONH_4 + H_2O$$

$$[\underset{\text{বর্ণহীন}}{CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]^+OH^-} \rightarrow CH_3COONH_4 + \underset{\text{রুপালী আয়না}}{2Ag\downarrow} + 3NH_3 + H_2O]$$

(ii) ফেলিং দ্রবণ সহ ফোটালে অ্যাসিট্যালডিহাইড ফেলিং দ্রবণ থেকে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে ঃ

$$CH_3CHO + 2CuO \longrightarrow CH_3COOH + \underset{\text{লাল}}{Cu_2O\downarrow}$$

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

(iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড সিফ-বিকারকের ম্যাজেন্টা রং ফিরিয়ে আনে।

(c) সাধারণ উষ্ণতায় সেলেনিয়াম ডাই-অক্সাইড (SeO_2) অ্যাসিট্যালডিহাইডকে গ্লাইঅক্সালে জারিত করে দেয়। এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইডের মিথাইল গ্রুপ (CH_3) অ্যালডিহাইডো (—CHO) গ্রুপে জারিত হয় কিন্তু CHO গ্রুপ অক্ষত থাকে ঃ

$$CH_3CHO + SeO_2 \longrightarrow \underset{\text{গ্লাইঅক্সাল}}{CHOCHO} + Se + H_2O$$

[$—CH_2CO—$ গ্রুপকে সেলেনিয়াম ডাই-অক্সাইড —COCO— তে জারিত করে দেয়। এর থেকে যৌগে $—CH_2CO$-এর উপস্থিতি বোঝা যায়।]

(2) **বিজারণ ঃ** অ্যাসিট্যালডিহাইডের —CHO গ্রুপ $—CH_2OH$ গ্রুপ বা $—CH_3$ গ্রুপে বিজারিত হতে পারে। প্রথমক্ষেত্রে উৎপন্ন হয় সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল এবং দ্বিতীয়ক্ষেত্রে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন।

(i) **অ্যালকোহলে বিজারণ ঃ** সোডিয়াম অ্যামালগাম এবং জলের ক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয়ে যায় ঃ

$$CH_3CHO \xrightarrow{Na/Hg—H_2O} CH_3CH_2OH$$

150°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড বাষ্প ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ইথাইল অ্যালকোহলে বিজারিত হয়ে যায় ঃ

$$CH_3CHO + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_2OH$$

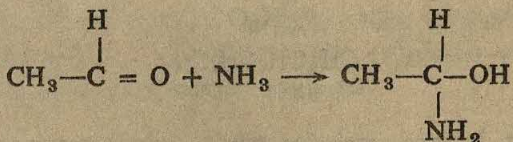
লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডও এই বিজারণ ক্রিয়া ঘটায়।

(ii) **অ্যালকেনে বিজারণ ঃ ক্লেমেনসেন বিজারণ ঃ** জিংক অ্যামালগাম ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ইথেনে বিজারিত হয়ে যায় ঃ

$$CH_3CHO + 4[H] \xrightarrow[\text{গাঢ় HCl}]{Zn/Hg} CH_3CH_3 + H_2O$$

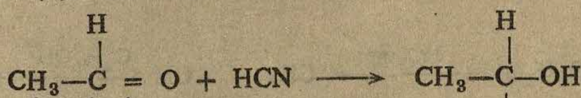
(3) **যুত-বিক্রিয়া ঃ** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে অ্যালডিহাইডের মুখ্য বিক্রিয়া যুত-বিক্রিয়া। অ্যাসিট্যালডিহাইডেও অ্যালডিহাইড $\left(-\underset{\substack{|\\ H}}{C}=O\right)$ গ্রুপ বর্তমান — এর C = O-তে অনেক যোজক সংযুক্ত হতে পারে।

(i) অ্যাসিট্যালডিহাইডের শুষ্ক ইথারীয় দ্রবণের মধ্যে **অ্যামোনিয়া গ্যাস** চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যুত-যৌগ উৎপন্ন হয় এবং বর্ণহীন কেলাসাকারে অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ



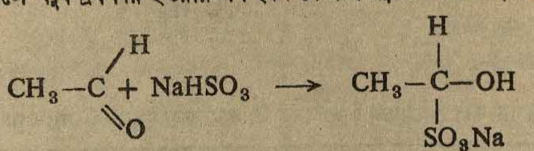
অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া

(ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড **হাইড্রোজেন সায়ানাইডের** ($NaCN + H_2SO_4$) সঙ্গে যুত-যৌগ অ্যাসিট্যালডিহাইড সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে। এটি একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ।



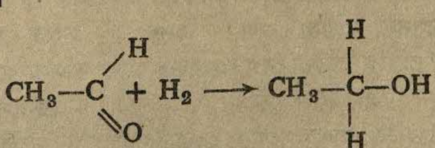
অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিট্যালডিহাইড সায়ানোহাইড্রিন

(iii) শীতল সম্পৃক্ত জলীয় **সোডিয়াম বাইসালফাইট** দ্রবণ সহ ঝাঁকালে অ্যাসিট্যালডিহাইড যুত-যৌগ অ্যাসিট্যালডিহাইড-বাইসালফাইট উৎপন্ন করে। অ্যাসিট্যালডিহাইড-বাইসালফাইট যৌগটি জলে খুব দ্রবণীয় হওয়ায় বর্ণহীন কেলাস রূপে একে সহজে পাওয়া যায় না ঃ

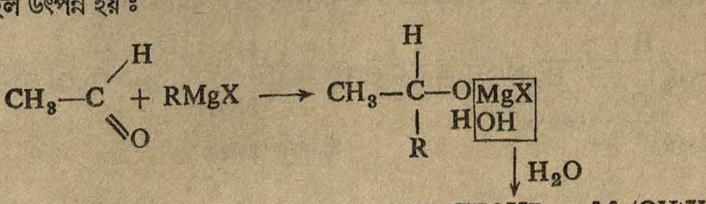


অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিট্যালডিহাইড বাইসালফাইট

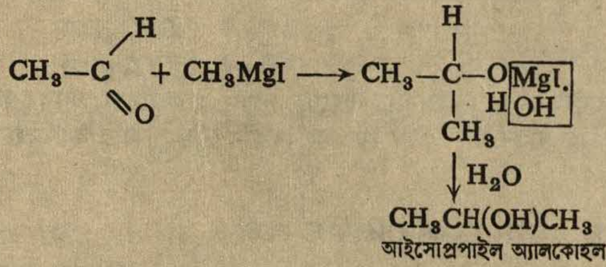
(iv) অ্যাসিট্যালডিহাইডের **ইথাইল** অ্যালকোহলে বিজারণও যুত-বিক্রিয়া রূপে গণ্য করা যায়।



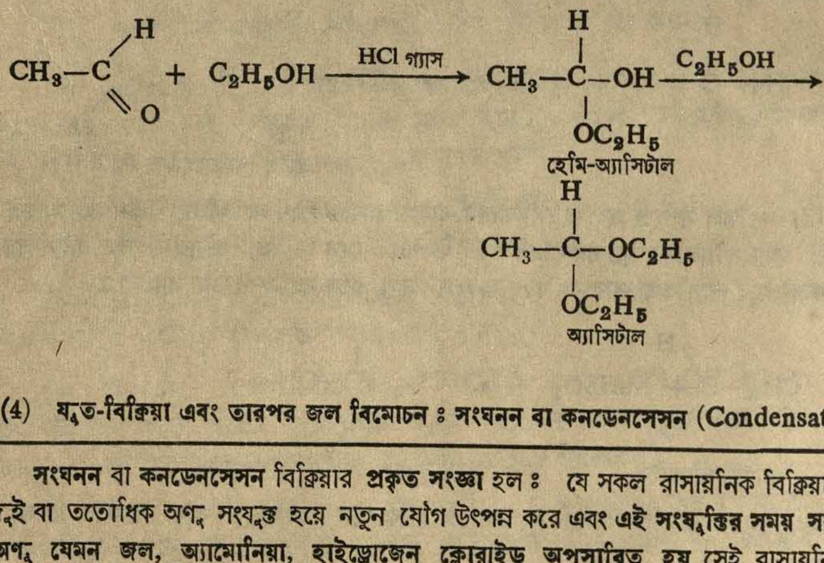
(v) **গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** অ্যাসিট্যালডিহাইড গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় একটি যুত-যৌগ গঠন করে এবং এই যুত-যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ঃ



যেমন, মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যুত-যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায় ঃ



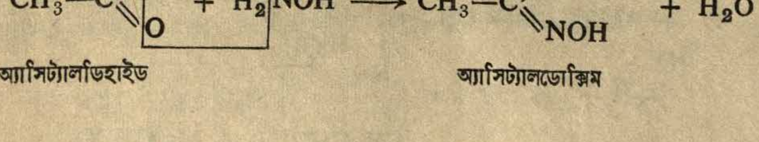
(vi) **অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ অ্যাসিটাল গঠন ঃ** শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়াতে প্রথমে **হেমি-অ্যাসিটাল** এবং তারপর **অ্যাসিটাল** গঠিত হয় ঃ



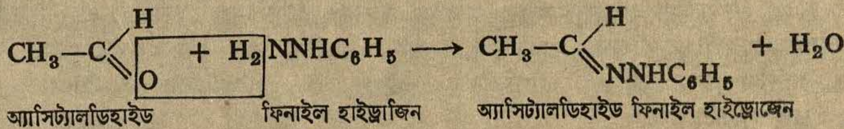
(4) **যুত-বিক্রিয়া এবং তারপর জল বিমোচন ঃ সংঘনন বা কনডেনসেসন** (Condensation) ঃ

> **সংঘনন** বা **কনডেনসেসন** বিক্রিয়ার **প্রকৃত সংজ্ঞা** হল ঃ যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াতে দুই বা ততোধিক অণু সংযুক্ত হয়ে নতুন যৌগ উৎপন্ন করে এবং **এই সংযুক্তির সময় সরল অণু যেমন জল, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অপসারিত হয়** সেই রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে **সংঘনন বা কনডেনসেসন** বিক্রিয়া বলে। কিন্তু এই সংজ্ঞা সর্বদা পুঙ্খানুপুঙ্খ রূপে ব্যবহৃত হয় না এবং অনেক বিক্রিয়া যেগুলি প্রকৃত অর্থে পলিমেরিজেসন অনেক সময় সংঘনন বা কনডেনসেসন বলা হয়। যেমন, অ্যালডল কনডেনসেসন। এক্ষেত্রে α-পরমাণু যুক্ত দুটি অ্যালডিহাইড অণু সংযুক্ত হওয়ার সময় কোন সরল অণু অপসারিত হয় না, কিন্তু বিক্রিয়াটিকে **অ্যালডল সংঘনন বা কনডেনসেসন** বলা হয়।

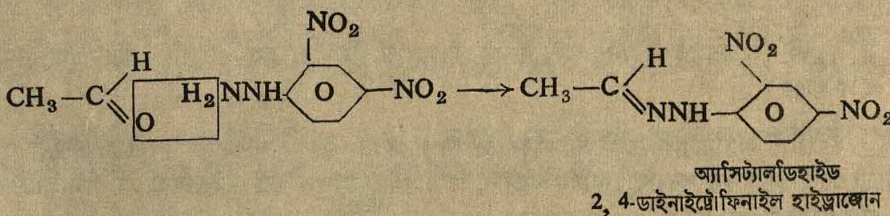
(i) **হাইড্রক্সিল্যামিনের** সঙ্গে বিক্রিয়াতে অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিট্যালডোক্সিম গঠন করে ঃ



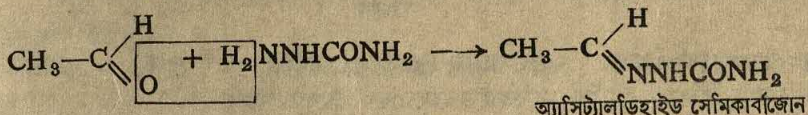
(ii) **ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে** বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড ফিনাইল হাইড্রাজোন ঃ



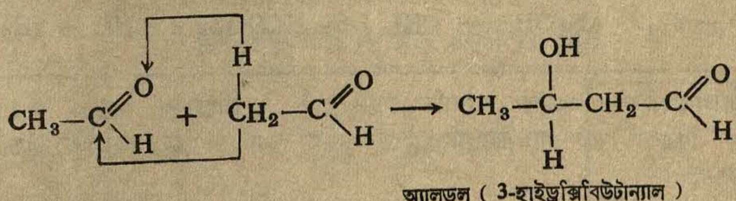
অ্যাসিট্যালডোক্সিম ও অ্যাসিট্যালডিহাইড ফিনাইল হাইড্রাজোন জলে এত দ্রবণীয় যে এদের অধঃক্ষিপ্ত করা যায় না। 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে অবশ্য অ্যাসিট্যালডিহাইড কেলাসীয় কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে ঃ



(iii) অনুরূপভাবে সেমিকার্বাজাইডের সঙ্গে উৎপন্ন করে সেমিকার্বাজোন ঃ

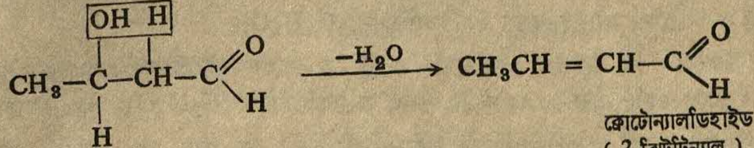


(iv) **অ্যালডল সংঘনন ঃ** লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সংস্পর্শে রেখে দিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ধীরে ধীরে একটি বর্ণহীন সিরাপীয় তরল, অ্যালডল উৎপন্ন করে ঃ



লঘু Na_2CO_3 দ্রবণ, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা জিংক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতেও অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যালডল উৎপন্ন করে।

অ্যালডলকে **উত্তপ্ত** করলে এটি জল বিমোচন করে অসম্পৃক্ত যৌগ ক্রোটন্যালডিহাইড (2-বিউটিন্যাল) উৎপন্ন করে ঃ



অ্যালডল সংঘননকে অবশ্য অনেকে পলিমেরিজেসন বিক্রিয়ারূপে গণ্য করেন।

(5) **ক্লোরিনেশন ঃ** বিকারকের প্রকৃতি অনুযায়ী অ্যাসিট্যালডিহাইডের ক্লোরিনেসন দুভাবে করা যায় ঃ

(i) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড** সাধারণ উষ্ণতায় অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিট্যালডিহাইডের অক্সিজেন পরমাণু দুটি ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে। উৎপন্ন হয় বর্ণহীন তরল পদার্থ ইথিলিডিন ডাইক্লোরাইড (ethylidene dichloride) বা, 1, 1-ডাইক্লোরোইথেন ঃ

$$CH_3-C(H){=}O + PCl_5 \longrightarrow CH_3-CH(Cl)-Cl + POCl_3$$

এই বিক্রিয়াতে কোন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় না যদি অ্যাসিট্যালডিহাইড শুষ্ক থাকে।

(ii) অ্যাসিট্যালডিহাইডের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইডের মিথাইল গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ক্লোরাল উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3CHO + 3Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ক্লোরাল}}{CCl_3CHO} + 3HCl$$

(6) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ঃ** হ্যালোজেন (ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন) ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে।

আয়োডোফর্ম গঠন ঃ পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ ও সামান্য সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট দ্রবণ বা আয়োডিন ও কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করে শীতল করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ঈষৎ হলুদ রং-এর কেলাসীয় কঠিন পদার্থ আয়োডোফর্ম গঠন করে।

$$CH_3CHO + 3I_2 + 4NaOH \longrightarrow CHI_3\downarrow + HCOONa + 3NaI + 3H_2O$$

অ্যাসিট্যালডিহাইডই একমাত্র অ্যালডিহাইড যেটি আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া দিয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে অন্য যে কোন অ্যালডিহাইডের পার্থক্য করা যায়।

(7) **পলিমেরিজেসন ঃ** (i) গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড বাদামী রং-এর সান্দ্র (viscous) রেজিন উৎপন্ন করে। এই রেজিনের গন্ধ পচা আপেলের মত এবং এর আণবিক ওজন সুউচ্চ।

(ii) অ্যাসিট্যালডিহাইডে কয়েক ফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে একটি তীব্র এবং খুব তাপ উদ্গারী বিক্রিয়া ঘটে এবং প্যারালডিহাইড নামে একটি বর্ণহীন তরল পাওয়া যায়। প্যারালডিহাইড হল অ্যাসিট্যালডিহাইডের একটি পলিমার, $(C_2H_4O)_3$।

0°সে. উষ্ণতার কম উষ্ণতায় অ্যাসিট্যালডিহাইডের মধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস বুদবুদাকারে পাঠালে একটি সাদা রং-এর কঠিন পদার্থ মেটালডিহাইড, $(C_2H_4O)_4$ পাওয়া যায়।

প্যারালডিহাইড বা মেটালডিহাইডকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পাতন করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ফিরে পাওয়া যায়।

ব্যবহার : (1) প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিট্যালডিহাইড থেকে নরমাল বিউটাইল অ্যালকোহল, ক্লোরাল এবং বিউটাডিন-ও (কৃত্রিম রাবার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়) প্রস্তুত করা হয়। (2) প্যারালডিহাইড ঘুমের ঔষধ (sedative) এবং মেটালডিহাইড জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : অ্যাসিট্যালডিহাইড (1) 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইলহাইড্রাজিনের সঙ্গে রঙীন কেলাসীয় কঠিন 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইলহাইড্রাজোন গঠন করে; (2) আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে; (3) সিফ-বিকারকের ম্যাজেন্টা রং ফিরিয়ে আনে; (4) অ্যামোনিয়াযুক্ত $AgNO_3$ বা টোলেন্স বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় রূপালী আয়না উৎপন্ন করে, (5) ফেলিং দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে কিউপ্রাস অক্সাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

সমস্যা : C_2H_4O আণবিক সংকেত যুক্ত একটি উদ্বায়ী জৈব তরলে (A) ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে অপর একটি জৈব তরল (B) উৎপন্ন হয়। (B)-এর সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় আর একটি জৈব তরল (C) পাওয়া যায়। মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে উষ্ণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিটিলিন চালনা করলে জৈব তরল (A) উৎপন্ন হয়। (A), (B) ও (C) যৌগগুলি কি হতে পারে?

সমাধান : (1) মারকিউরিক সালফেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে উষ্ণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর অ্যাসিটিলিন চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[\text{উষ্ণ লঘু } H_2SO_4]{HgSO_4} CH_3CHO$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থ। সুতরাং উদ্বায়ী তরল (A) হল অ্যাসিট্যালডিহাইড।

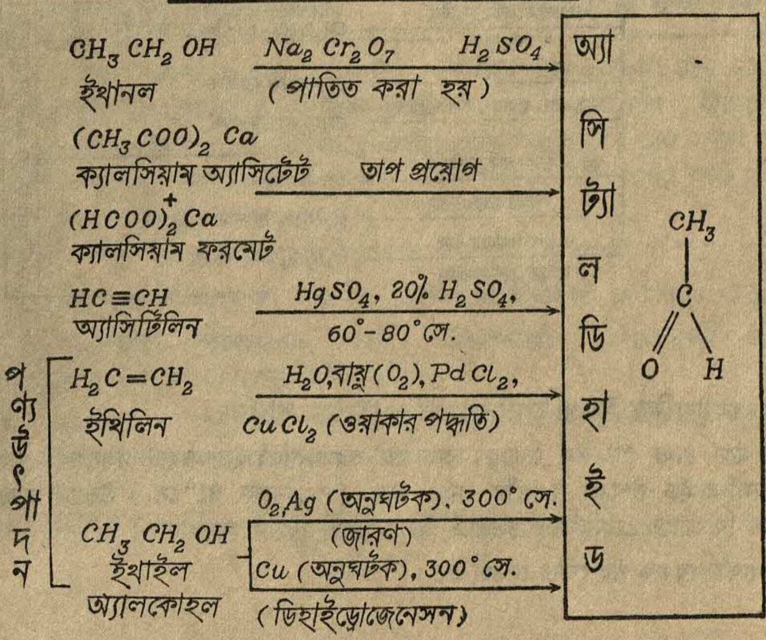
(2) অ্যাসিট্যালডিহাইডের ভিতর ক্লোরিন চালনা করলে জৈব তরল ট্রাই-ক্লোরোঅ্যাসিট্যাল-ডিহাইড বা ক্লোরাল উৎপন্ন হয় :

$$CH_3CHO + 3Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ক্লোরাল}}{CCl_3CHO} + 3HCl,$$ $\therefore$ (B) জৈব তরলটি ক্লোরাল।

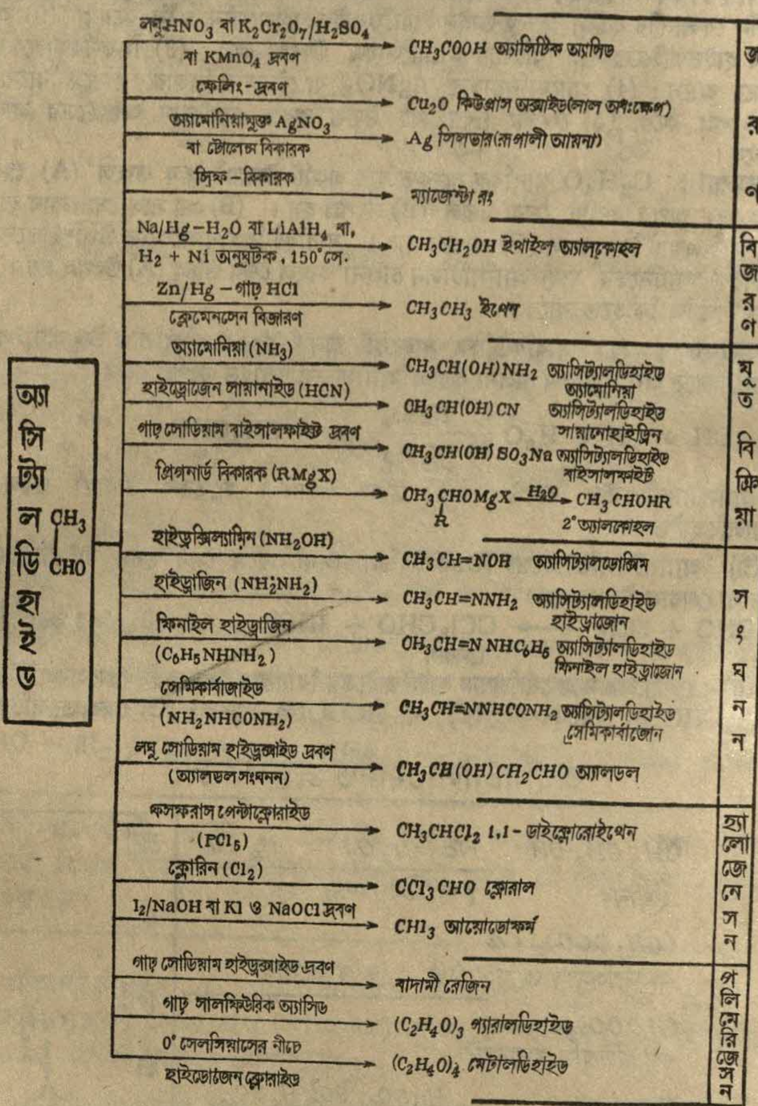
(3) ক্লোরালের সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় জৈব তরল ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয় :

$CCl_3CHO + NaOH \rightarrow CHCl_3 + HCOONa$, সুতরাং (C) জৈব তরলটি ক্লোরোফর্ম।

অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতির চার্ট



অ্যাসিট্যালডিহাইডের বিক্রিয়ার চার্ট



ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের পার্থক্য :

[মনে রাখা প্রয়োজন সাধারণ অবস্থায় ফরম্যালডিহাইড একটি গ্যাসীয় পদার্থ আর অ্যাসিট্যালডিহাইড উদ্বায়ী বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক 21° সে.) উভয়েই জলে দ্রাব্য। রাসায়নিক বিক্রিয়াতে প্রয়োজনমত উভয়েরই জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করা যায়।]

পার্থক্যের ছক পরপৃষ্ঠায় দেওয়া হল।

বিকারক	ফরম্যালডিহাইড	অ্যাসিট্যালডিহাইড
1. ফসফরাস পেন্টা-ক্লোরাইড (PCl_5)	বিক্রিয়া করে না।	বিক্রিয়া করে। ইথিলিডিন ডাই-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।
2. শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস।	অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যুক্ত যৌগ গঠন করে না। সাদা রঙের কেলাসীয় কঠিন পদার্থ হেক্সামিথিলিন টেট্রামিন উৎপন্ন করে ঃ $6HCHO+4NH_3 \rightarrow (CH_2)_6N_4 +6H_2O$ এটি একটি বলয়াকার পদার্থ।	অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া গঠন করে। $CH_3CHO + NH_3 \rightarrow CH_3CH(OH)NH_2$
3. গাঢ় NaOH বা গাঢ় KOH দ্রবণ	ক্যানিজারো বিক্রিয়া ঘটে। স্বতঃ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় ফরমেট ও মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। $2HCHO+NaOH \rightarrow HCOONa +CH_3OH$	ক্যানিজারো বিক্রিয়া ঘটে না। উত্তপ্ত করলে পলিমেরাইজ করে। উৎপন্ন হয় বাদামী রঙের সান্দ্র পচা আপেলের গন্ধযুক্ত পলিমার।
4. আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ	আয়োডিনের রং বর্ণহীন হয়ে যায়। পরিমাণগত ভাবে ফরমিক অ্যাসিডে জারিত হয়। কিন্তু আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস উৎপন্ন হয় না।	আয়োডিনের রং বর্ণহীন হয় এবং হলুদ রঙের কেলাসীয় কঠিন আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়।
5. ফেনল	ব্যাকেলাইট উৎপন্ন করে।	ব্যাকেলাইট উৎপন্ন করে না।

কিটোনসমূহ

3F.10 নামকরণ (Nomenclature) (54—56, 63, 64 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে অ্যালডিহাইড ও কিটোনে মূল কার্যকরী গ্রুপ কার্বনিল উপস্থিত থাকায় অ্যালডিহাইড ও কিটোনের প্রস্তুতি পদ্ধতি ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে অনেক সাদৃশ্য বিদ্যমান। আবার অ্যালডিহাইডে কার্বনিল গ্রুপের সঙ্গে সর্বদা একটি হাইড্রোজেন পরমাণু (ফরম্যালডিহাইডে দুটি) এবং কিটোনে তা না থাকায় অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে কিছু বৈসাদৃশ্যও আছে।

3F.11 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (General Methods of Preparation)

(1) **সেকেন্ডারী অ্যালকোহল থেকে ঃ** সেকেন্ডারী অ্যালকোহলের জারণ বা ডিহাইড্রোজেনেসন দ্বারা কিটোন প্রস্তুত করা যায়।

(i) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করলে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল কিটোন উৎপন্ন করে ঃ

$$RCHOHR + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{Na_2Cr_2O_7} RCOR' + H_2O$$

(ii) সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের বাষ্প 300°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কপার অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের ডিহাইড্রোজেনেসনের ফলে কিটোন উৎপন্ন হয় :

$$RCHOHR' \xrightarrow[300^\circ সে.]{Cu\ (অনুঘটক)} RCOR' + H_2$$

(**তুলনীয় :** প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণ বা ডিহাইড্রোজেনেসনের ফলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।)

(2) **ফ্যাটি অ্যাসিড থেকে :** (i) ফরমিক অ্যাসিড ছাড়া অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের বাষ্প 300°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইডের (MnO) উপর দিয়ে চালনা করলে কিটোন উৎপন্ন হয় :

$$2RCOOH \xrightarrow[300^\circ সে.]{MnO} RCOR + CO_2 + H_2O$$

(ii) ফরমিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ ভিন্ন অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ শুষ্ক অবস্থায় পাতিত করলে কিটোন পাওয়া যায় :

$$(RCOO)_2Ca \longrightarrow RCOR + CaCO_3$$

(**তুলনীয় :** ফরমিক অ্যাসিড ও অন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের মিশ্রণ বা Ca-লবণের মিশ্রণ ব্যবহার করে অনুরূপ পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইড প্রস্তুতি।)

(3) অ্যাসিটিলিন ছাড়া অন্য অ্যালকাইন Hg^{2+} আয়ন অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে চালিত করলে কিটোন উৎপন্ন করে :

$$RC\equiv CH \xrightarrow[\substack{লঘু\ H_2SO_4 \\ 80^\circ সে.}]{Hg^{2+}} \left[\begin{array}{c} RC = CH_2 \\ | \\ OH \end{array}\right] \longrightarrow RCOCH_3$$

(**তুলনীয় :** অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতি।)

(4) **অ্যালকিন থেকে :** $R_2C = CR_2$ সংকেতযুক্ত অ্যালকিনের ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়ায় কিটোন পাওয়া যায় :

$$R_2C \vdots\!= CR_2 \xrightarrow[বিশ্লেষ]{ওজোন-} R_2C = O + R_2C = O$$

(**তুলনীয় :** RCH = CHR সংকেতযুক্ত অ্যালকিনের ওজোন-বিশ্লেষ করে অ্যালডিহাইড প্রস্তুতি।)

3F.12 সাধারণ ধর্ম ও বিক্রিয়া (General Properties and Reaction)

(A) **ভৌত ধর্ম :** অধস্তন কিটোনগুলি প্রশম, বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল পদার্থ। এগুলি জলে এবং জৈব দ্রাবক অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদিতে দ্রবীভূত হয়ে যায়। আণবিক গুরুত্ব বাড়ার সঙ্গে কিটোনগুলির জলে দ্রাব্যতা কমতে থাকে।

অ্যালডিহাইডের মত কিটোনও ধ্রুবীয় অণু এবং কিটোনও আন্তর আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন করতে পারে না। তাই কিটোনের স্ফুটনাংকও তুলীয় আণবিক ওজনের হাইড্রোকার্বন বা ইথারের থেকে বেশী এবং অ্যালকোহল থেকে অনেক কম হয় (পৃঃ 214-215 দ্রষ্টব্য)।

(B) বিক্রিয়া : (1) জারণ : কিটোনের বিজারণ ক্ষমতা অ্যালডিহাইডের থেকে কম। তাই কিটোন সহজে জারিত হয় না এবং মৃদু জারক দ্রব্য যেমন, **অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বা টোলেন্স বিকারক এবং ফেলিং দ্রবণ কিটোনকে জারিত করতে পারে না** (অ্যালডিহাইডের সঙ্গে পার্থক্য)। শক্তিশালী জারক দ্রব্য যেমন $Cr_2O_7^{2-}/H_2SO_4$ বা গাঢ় HNO_3 কিটোনকে জারিত করে দেয় এবং **জারণের ফলে কিটোনে উপস্থিত কার্বন-সংখ্যা থেকে কম কার্বন-সংখ্যাযুক্ত অ্যাসিড উৎপন্ন হয়** (জারণের ফলে অ্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড উৎপন্ন করে):

$$RCOCH_2R \xrightarrow{[O]} RCOOH + RCOOH$$

কিটোন সিফ-বিকারকের গোলাপী রঙ ফিরিয়ে আনতে পারে না।

(2) বিজারণ : বিজারক দ্রব্য ও বিক্রিয়ার শর্ত অনুসারে কিটোন **সেকেন্ডারী অ্যালকোহল** বা হাইড্রোকার্বনে বিজারিত হতে পারে।

(i) সেকেন্ডারী অ্যালকোহলে বিজারণ :

$$RCOR' \xrightarrow{[H]} RCH(OH)R$$

অনুঘটক জনিত হাইড্রোজেনেসন (**Pt, Pd** বা **Ni**-এর উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ), সোডিয়াম অ্যামালগাম-জল, লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড, সোডিয়াম বোরোহাইড্রাইড ইত্যাদি বিজারক দ্রব্য কিটোনকে সেকেন্ডারী অ্যালকোহলে বিজারিত করে।

(**তুলনীয় :** অনুরূপ বিজারক দ্রব্য অ্যালডিহাইডকে প্রাইমারী অ্যালকোহলে বিজারিত করে)

(ii) হাইড্রোকার্বনে বিজারণ : ক্লেমেনসেন বিজারণ : জিংক-অ্যামালগাম ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিটোনকে হাইড্রোকার্বনে বিজারিত করে :

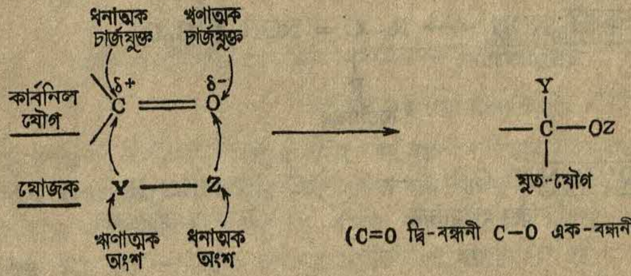
$$RCOR' \xrightarrow[\text{গাঢ় HCl}]{Zn/Hg-} RCH_2R'$$

উলফ-কিশনার বিজারণ :

$$RCOR' \xrightarrow[\text{তাপ}]{NH_2NH_2,\ KOH} RCH_2R'$$

[**তুলনীয় :** অ্যালডিহাইডও হাইড্রোকার্বনে বিজারিত হয়।]

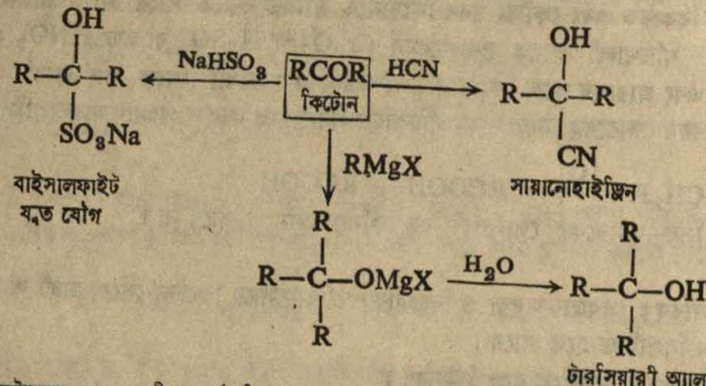
(3) যুত বিক্রিয়া : অ্যালডিলাইডের মত কিটোনেও অসম্পৃক্ত কার্বনিল গ্রুপ ($C = O$) বর্তমান এবং উপযুক্ত বিকারকের সঙ্গে কিটোনও যুত-যৌগ গঠন করে। এই বিক্রিয়াতেও যেহেতু কিটোনের কার্বনিল গ্রুপের কার্বন আংশিক ধনাত্মক এবং অক্সিজেন আংশিক ঋণাত্মক চার্জ যুক্ত সুতরাং যোজকের ধনাত্মক অংশ কার্বনিল গ্রুপের অক্সিজেনে এবং ঋণাত্মক অংশ কার্বনিল গ্রুপের কার্বনে যুক্ত হয় (পৃঃ 217 দ্রষ্টব্য) :



(C=O দ্বি-বন্ধনী C–O এক-বন্ধনীতে পরিণত হয়েছে)

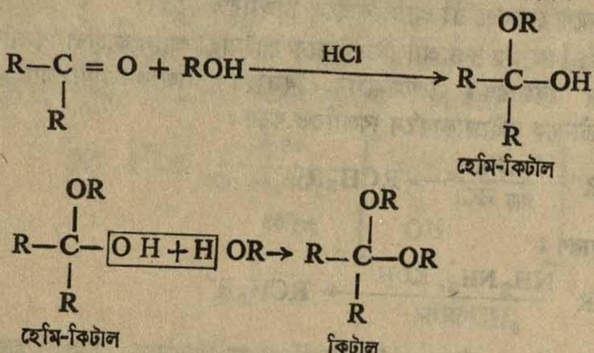
কিটোনসমূহ হাইড্রোজেন সায়ানাইড, সোডিয়াম বাইসালফাইট, গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে যুত-যৌগ গঠন করতে পারে। সব কিটোনই অবশ্য প্রত্যেকটি বিকারকের সঙ্গেই যুত-যৌগ গঠন

করতে পারে না। যেমন উর্ধ্বতন কিটোনগুলি বাইসালফাইট যুত-যৌগ গঠন করে না। নীচে এই যুত-যৌগ গঠন দেখানো হল :

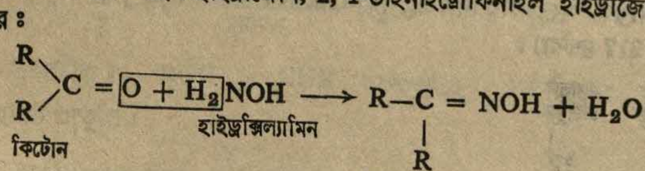


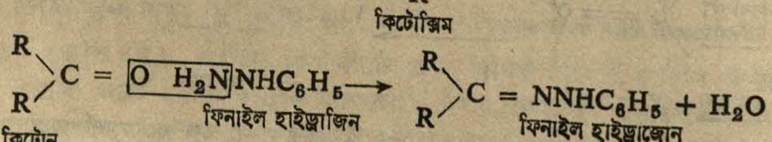
কিটোনের সঙ্গে গ্রীগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যুত-যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণ করলে টার্সিয়ারী অ্যালকোহল পাওয়া যায়। টার্সিয়ারী অ্যালকোহল প্রস্তুতির এটি একটি উত্তম পদ্ধতি।

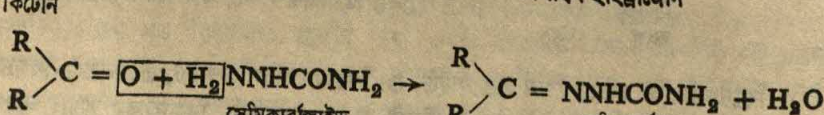
অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়া : শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে কিটোন অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হেমিকিটাল ও পরে কিটাল উৎপন্ন করে।



(4) **যুত-বিক্রিয়া ও তারপর জল বিমোচন : সংঘনন :** অ্যালডিহাইডের মতই কিটোনও হাইড্রক্সিল্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন, 2, 4 ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিন, সেমি-কার্বাজাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে যুত যৌগ গঠন করে এবং তারপর জল বিমোচন করে যথাক্রমে অক্সিম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন, 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোন গঠন করে :

(i)


(ii)


(iii)


অ্যালডল সংঘনন ঃ α-H পরমাণুযুক্ত কিটোন লঘু ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় β-হাইড্রক্সি কিটোন উৎপন্ন করে। যেমন, অ্যাসিটোন ব্যারাইটা দ্রবণের [$Ba(OH)_2$] সঙ্গে বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করে (পৃঃ 252 দ্রষ্টব্য)।

(5) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ডাইক্লোরোপ্যারাফিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$R_2C=O + PCl_5 \longrightarrow R_2CCl_2 + POCl_3$$

(তুলনীয় ঃ অ্যালডিহাইডের PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়া)

অ্যাসিটোন, প্রপানোন, CH_3COCH_3

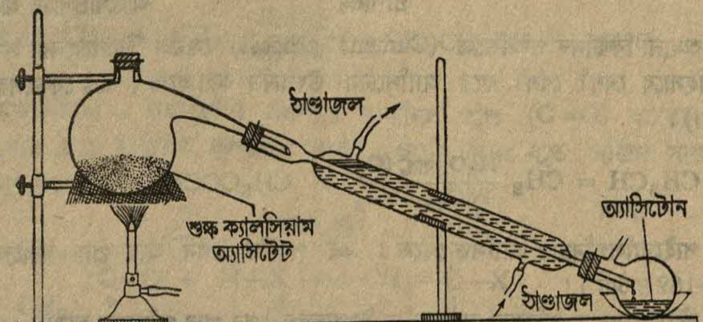
3F.13 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি ঃ** অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের শুষ্ক পাতন করে পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Ca} \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} + CaCO_3$$

[বাজারে প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিটোন সহজলভ্য। তাই পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুতি কদাচিৎ প্রয়োজন হয়। এই পদ্ধতিতে অ্যাসিটোনের ফলন (yield)-ও খুব কম।]

একটি কাচের রেটর্টের সঙ্গে একটি লিবিগ শীতক যুক্ত করা হয় এবং শীতকের অপর প্রান্তে একটি গ্রাহকপাত্র যুক্ত করা থাকে। রেটর্টের মধ্যে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট নেওয়া হয় এবং একটি তারজালির উপর রেটর্টটি বসিয়ে প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। শীতকের মধ্য দিয়ে শীতল জল চালনা করা হয়। উত্তাপে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের বিযোজনের ফলে বাষ্পাকারে অ্যাসিটোন নির্গত হয়। শীতকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় এই অ্যাসিটোন বাষ্প ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয় এবং তরলাকারে গ্রাহকপাত্রে জমা হয় (চিত্র 3F.3)।



চিত্র 3F.3 ঃ অ্যাসিটোন প্রস্তুতি।

প্রাপ্ত এই অ্যাসিটোন বিশুদ্ধ নয়। এর সঙ্গে সোডিয়াম বাইসালফাইটের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ মিশিয়ে ঝাঁকালে কেলাসাকার কঠিন অ্যাসিটোন বাইসালফাইট যুত যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত অ্যাসিটোন বাইসালফাইট যুত-যৌগ পৃথক করা হয় এবং সম্পৃক্ত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ সহ পাতিত করে 55°—60°সে. উষ্ণতায় পাতিতাংশ সংগ্রহ করা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত অ্যাসিটোনে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করে শুষ্ক করা হয় এবং পুনঃপাতিত করে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন সংগ্রহ করা হয় (56°—58°সে. উষ্ণতায় পাতিতাংশ সংগ্রহ করা হয়)।

প্রশ্ন : 3F.39 কোন্ ফ্যাটি অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ উত্তপ্ত করে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয় ?

3F.40 অ্যাসিটোন প্রস্তুত করতে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়—না শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট নেওয়া হয় ?

3F.41 কিভাবে অ্যাসিটোন বিশুদ্ধ করা হয় ?

(2) 300°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড বাষ্প চালনা করলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয় :

$$2CH_3COOH \xrightarrow{MnO,\ 300^\circ\text{সে.}} CH_3COCH_3 + CO_2 + H_2O$$

(3) (i) আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহলকে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করে অ্যাসিটোন পাওয়া যায় :

$$\underset{\text{আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH(OH)CH_3} + [O] \xrightarrow[H_2SO_4]{Na_2Cr_2O_7} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} + H_2O$$

$$[\ 3CH_3CH(OH)CH_3 + Na_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \longrightarrow 3CH_3COCH_3 + Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O\ ]$$

(ii) আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল বাষ্প 300°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত কপার-চূর্ণ অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহলের ডিহাইড্রোজেনেসনের ফলে অ্যাসিটোন উৎপাদিত হয় :

$$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow[300^\circ\text{সে.}]{Cu\ (\text{অনুঘটক})} CH_3COCH_3 + H_2$$

[এই পদ্ধতিতে অ্যাসিটোনের পণ্য উৎপাদন করা হয়। পেট্রোলিয়ামের ক্র্যাকিং-এর দ্বারা প্রপিলিন পাওয়া যায় এবং প্রপিলিনের জল-যোজন দ্বারা আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল উৎপাদন করা হয় :

$$\text{পেট্রোলিয়াম} \xrightarrow{\text{তাপ বিযোজন}} \underset{\text{প্রপিলিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow{\text{জল-যোজন}} \underset{\text{আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH(OH)CH_3}\ ]$$

(4) অধুনা **কিউমিন পদ্ধতিতে** (Cumene process) ফেনল উৎপাদনের সময় পার্শ্ব বিক্রিয়াজাত হিসাবে বেশী বেশী করে অ্যাসিটোন উৎপাদন করা হচ্ছে (পরে ফেনলের কিউমিন পদ্ধতি দ্রষ্টব্য)।

(5) $$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH = CH_2} \xrightarrow[PdCl_2,\ CuCl_2]{H_2O,\ \text{বায়ু}\ (O_2)} CH_3COCH_3$$

(6) **পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে :** এই পদ্ধতি এখন আর প্রায় ব্যবহৃত হয় না (পৃঃ 161—162 দ্রষ্টব্য)।

(7) স্টার্চের সন্ধান-প্রক্রিয়ায় অ্যাসিটোন উৎপাদনও এখন প্রায় পরিত্যক্ত হয়েছে।

3F.14 ভৌতধর্ম (Physical Properties)

অ্যাসিটোন বৈশিষ্ট্যপূর্ণ মিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক 56°সে.), জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয় এবং জল থেকে হাল্কা। জৈব দ্রাবক অ্যালকোহল এবং ইথারেও অ্যাসিটোন যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়া : (1) **দহন :** অ্যাসিটোন একটি দাহ্য পদার্থ, বায়ুতে ঈষৎ নীল শিখায় জ্বলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে :

$$CH_3COCH_3 + 4O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 3H_2O$$

(2) **জারণ ঃ** অ্যাসিটোন শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য নয়। তাই মৃদু জারক দ্রব্য যেমন টোলেন্স-বিকারক, ফেলিং দ্রবণ দ্বারা অ্যাসিটোন জারিত হয় না। অর্থাৎ অ্যাসিটোন টোলেন্স বিকারক ও ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে যথাক্রমে রূপালী আয়না ও লাল কিউপ্রাস অক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে না (অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে পার্থক্য)। অ্যাসিটোন খুব ধীরে ধীরে সিফ-বিকারকের গোলাপী (purple) রং ফিরিয়ে আনে।

শক্তিশালী জারক দ্রব্য ক্রোমিক অ্যাসিড বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে ফোটালে অ্যাসিটোন ধীরে ধীরে কম সংখ্যক কার্বন সংখ্যা যুক্ত অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়—সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3COCH_3 + 4[O] \xrightarrow[\text{বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড, উত্তাপ}]{\text{ক্রোমিক অ্যাসিড}} CH_3COOH + CO_2\uparrow + H_2O$$

(3) **বিজারণ ঃ** বিজারক দ্রব্য ও বিক্রিয়ার শর্ত অনুযায়ী অ্যাসিটোন **সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত সেকেন্ডারী অ্যালকোহল আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহলে** বা **হাইড্রোকার্বন প্রপেনে** বিজারিত হয়।

(i) **অ্যালকোহলে বিজারণ ঃ** মৃদু বিজারক দ্রব্য সোডিয়াম অ্যামালগাম-জল অ্যাসিটোনকে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহলে, বিজারিত করে ঃ

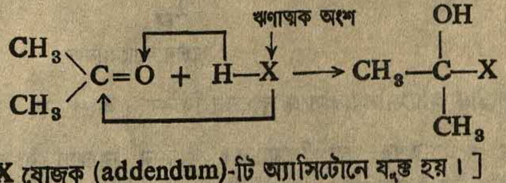
$$\underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} + 2[H] \xrightarrow{Na/Hg-H_2O} \underset{\text{আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH(OH)CH_3}$$

নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন বা লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডও অ্যাসিটোনকে আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহলে বিজারিত করে।

(ii) **হাইড্রোকার্বনে বিজারণ ঃ ক্লেমেনসন বিজারণ ঃ** জিঙ্ক অ্যামালগাম ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করলে অ্যাসিটোন বিজারিত হয়ে অ্যালকেন, প্রপেন, উৎপন্ন করে ঃ

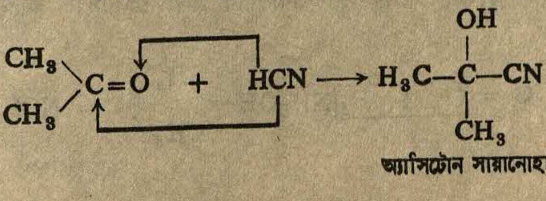
$$CH_3COCH_3 + 4[H] \xrightarrow[\text{গাঢ় HCl}]{Zn/Hg} CH_3CH_2CH_3 + H_2O$$

(4) **যুত-বিক্রিয়া ঃ** অ্যাসিটোন অসম্পৃক্ত কার্বনিল গ্রুপ (C=O) বর্তমান। তাই অ্যাসিটোন মুখ্যত যুত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অ্যাসিটোনের যুত বিক্রিয়া সাধারণভাবে নীচের মত প্রকাশ করা যায় ঃ



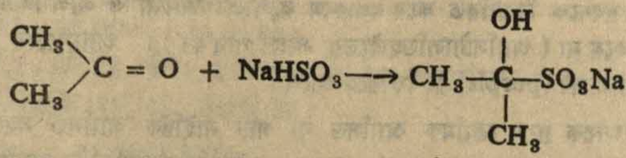
[**HX** যোজক (addendum)-টি অ্যাসিটোনে যুক্ত হয়।]

(i) **হাইড্রোজেন সায়ানাইডের সঙ্গে** অ্যাসিটোন সায়ানোহাইড্রিন উৎপন্ন করে ঃ



অ্যাসিটোন সায়ানোহাইড্রিন

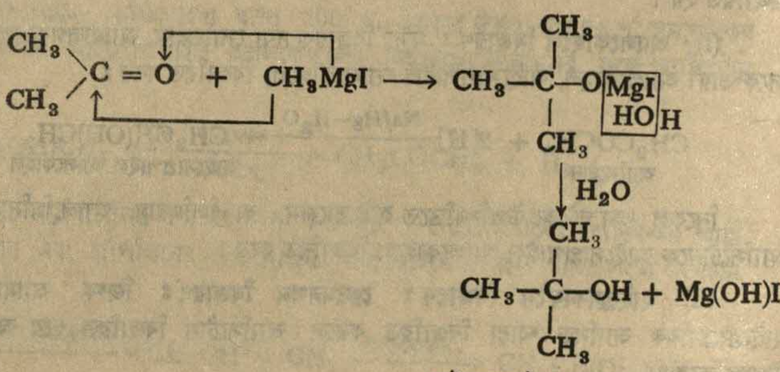
(ii) সোডিয়াম বাইসালফাইটের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ সহ ঝাঁকালে অ্যাসিটোন সাদা কেলাসীয় কঠিন পদার্থ অ্যাসিটোন বাইসালফাইট উৎপন্ন করে ঃ



অ্যাসিটোন বাইসালফাইট

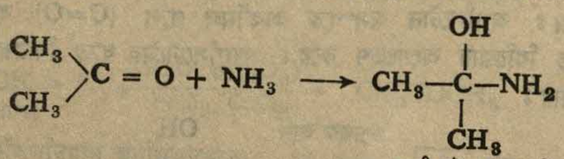
অ্যাসিটোন বাইসালফাইট যুত-যৌগকে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটোন ফিরে পাওয়া যায়। এইভাবে অ্যাসিটোনকে বিশুদ্ধ করা যায়।

(iii) গ্রীগনার্ড বিকারকের সঙ্গে অ্যাসিটোন যুত-যৌগ গঠন করে, যুতযৌগটি আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে টার্সিয়ারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। যেমন, মিথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড ও অ্যাসিটোনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যুত-যৌগ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে ঃ



আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল

(iv) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে $-65°$ সে. উষ্ণতায় অ্যাসিটোন যুত-যৌগ অ্যাসিটোন-অ্যামোনিয়া গঠন করে। সাধারণ উষ্ণতায় এই যুত-যৌগটি অত্যন্ত দুঃস্থিত তাই পাওয়া যায় না।

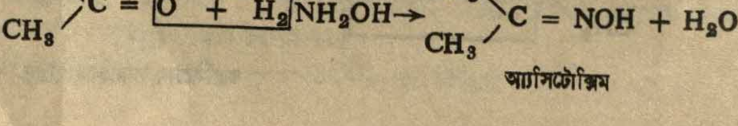


অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়া

সাধারণ উষ্ণতায় অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়ার সঙ্গে সংঘনন বিক্রিয়ায় অংশ নেয় (নীচে দেখ)।

(চ) **যুত-যৌগ গঠন ও তারপর জল বিমোচন ঃ সংঘনন বিক্রিয়া** বা **কনডেনসেসন ঃ** অ্যাসিট্যালডিহাইডের মত অ্যাসিটোনও সহজেই সংঘনন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(i) অ্যাসিটোন হাইড্রক্সিল্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাদা কেলাসীয় কঠিন অ্যাসিটোক্সিম উৎপন্ন করে ঃ



অ্যাসিটোক্সিম

(ii) ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোন ফিনাইলহাইড্রাজোন উৎপন্ন করে। এই ফিনাইলহাইড্রাজোন জলে খুবই দ্রবণীয় তাই পৃথক করা যায় না।

$$(CH_3)_2C = \boxed{O \quad H_2}NNHC_6H_5 \longrightarrow (CH_3)_2C = NNHC_6H_5 + H_2O$$

অ্যাসিটোন ফিনাইল হাইড্রাজিন অ্যাসিটোন ফিনাইলহাইড্রাজোন

(iii) অ্যাসিটোন হাইড্রাজিনের সঙ্গে হাইড্রাজোন এবং সেমিকার্বাজাইডের সঙ্গে সেমিকার্বাজোন উৎপন্ন করে ঃ

$$(CH_3)_2C = \boxed{O + H_2}NNH_2 \longrightarrow (CH_3)_2C = NNH_2 + H_2O$$

অ্যাসিটোন হাইড্রাজিন অ্যাসিটোন ফিনাইলহাইড্রাজোন

$$(CH_3)_2C = \boxed{O + H_2}NNHCONH_2 \longrightarrow (CH_3)_2C = NNHCONH_2 + H_2O$$

অ্যাসিটোন সেমিকার্বাজাইড অ্যাসিটোন সেমিকার্বাজোন

(iv) স্বাভাবিক উষ্ণতায় অ্যাসিটোন অ্যামোনিয়ার সঙ্গে সংঘনন বিক্রিয়ায় ডাইঅ্যাসিটোন অ্যামিন উৎপন্ন করে ঃ

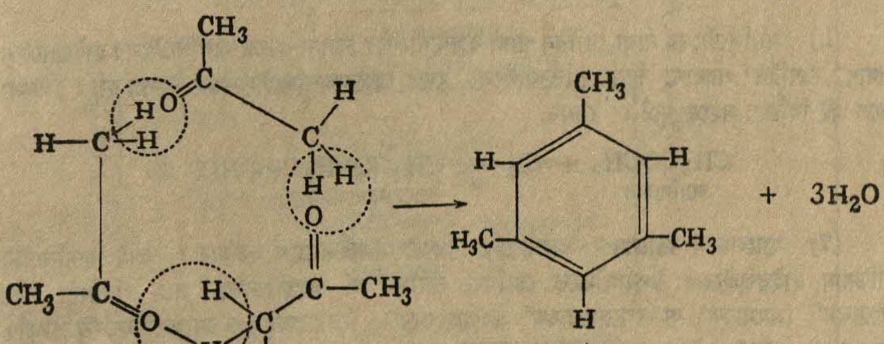
$$(CH_3)_2C = O + CH_3COCH_3 + NH_3 \xrightarrow{-H_2O} (CH_3)_2C(NH_2)CH_2COCH_3$$

ডাই অ্যাসিটোন অ্যামিন

(v) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পাতিত করলে অ্যাসিটোন ট্রাইমিথাইলবেঞ্জিন বা মেসিটিলিন (mesitylene) উৎপন্ন করে। তিন অণু অ্যাসিটোন থেকে 3-অণু জল অপসারণের ফলে মেসিটিলিন গঠিত হয় ঃ

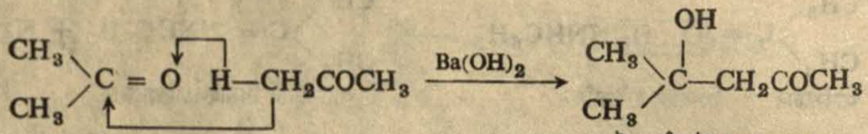
$$3(CH_3)_2CO \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_6H_3(CH_3)_3 + 3H_2O$$

অ্যাসিটোন 1, 3, 5-ট্রাইমিথাইলবেঞ্জিন (মেসিটিলিন)



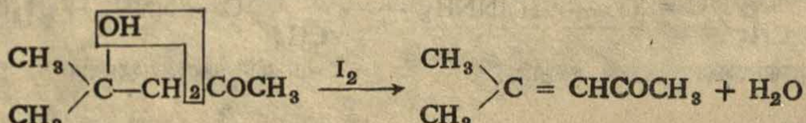
মেসিটিলিন

অ্যালডল সংঘনন ঃ অ্যাসিটোনের সঙ্গে ব্যারাইটার বিক্রিয়ায় ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় 1 অণু অ্যাসিটোনের α-C পরমাণু অপর অণু অ্যাসিটোনের কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়।



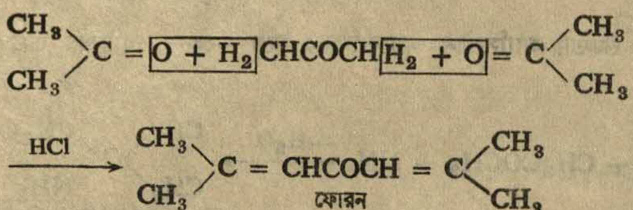
ডাই অ্যাসিটোন অ্যালকোহল

ডাইঅ্যাসিটোন অ্যালকোহলকে স্বল্প আয়োডিন সহ উত্তপ্ত করলে মেসিটাইল অক্সাইড নামে একটি তরল পদার্থ উৎপন্ন হয় ঃ



মেসিটাইল অক্সাইড

অ্যাসিটোনকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড দিয়ে সম্পৃক্ত করে রেখে দিলে ফোরন (phorone) গঠিত হয় ঃ



ফোরন

(6) **ক্লোরিনেশন ঃ** অ্যাসিটোনকে দু ভাবে ক্লোরিনেশন করা যায়।

(i) সাধারণ উষ্ণতায় অ্যাসিটোনের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোনের অক্সিজেন পরমাণুটি দুটি ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে 2, 2-ডাইক্লোরোপ্রপেন উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} + PCl_5 \longrightarrow \underset{\text{2,2-ডাইক্লোরোপ্রপেন}}{CH_3CCl_2CH_3} + POCl_3$$

অ্যাসিটোন শুষ্ক থাকলে কোন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এই বিক্রিয়ায় নির্গত হয় না।

(ii) অ্যাসিটোনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস বুদবুদাকারে চালনা করলে অ্যাসিটোনের হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে ক্লোরোঅ্যাসিটোনসমূহ উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত করলে এই বিক্রিয়া সহজে ঘটে। যেমন,

$$\underset{\text{অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{মনোক্লোরোঅ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_2Cl} + HCl$$

(7) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ঃ** অ্যাসিটোনে কিটো-মিথাইল গ্রুপ বর্তমান। তাই অ্যাসিটোন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্লোরোফর্ম, ব্রোমোফর্ম বা আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। (ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্মের প্রস্তুতি পৃষ্ঠা 145 ও 148 দ্রষ্টব্য)।

আয়োডোফর্ম গঠন ঃ অ্যাসিটোনকে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট দ্রবণ বা আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করে শীতল করলে হলুদ রং-এর আয়োডোফর্মের কেলাস পাওয়া যায়।

অ্যাসিটোন আয়োডিন ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের (অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ) **সঙ্গে বিক্রিয়াতেও আয়োডোফর্ম গঠন করে** (ইথানল ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে পার্থক্য)।

(৮) অ্যাসিটোন কঠিন পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে ক্লোরোফর্মের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরিটোন উৎপন্ন করে ঃ

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>C=O + CHCl_3 \longrightarrow CH_3-\overset{\displaystyle OH}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}}-CCl_3$$

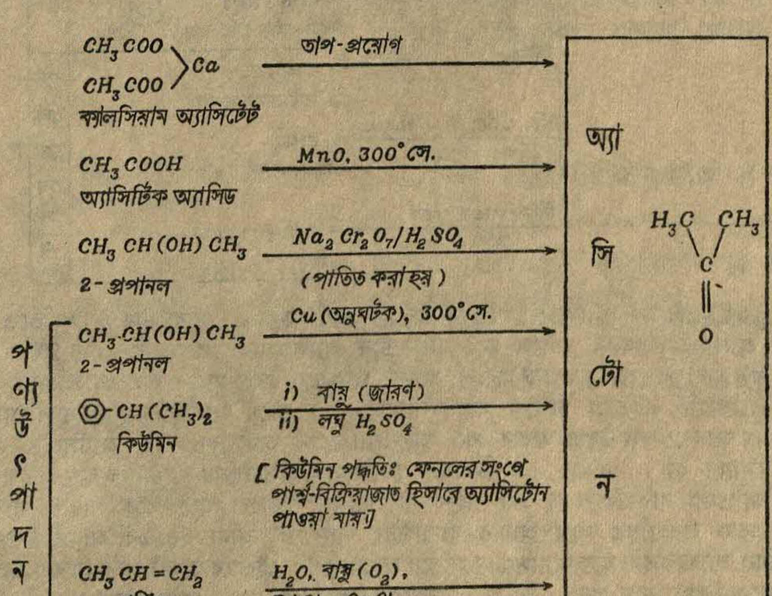
ক্লোরিটোন

(৯) পলিমেরিজেসন—অ্যাসিটোন সহজে পলিমেরাইজ করে না।

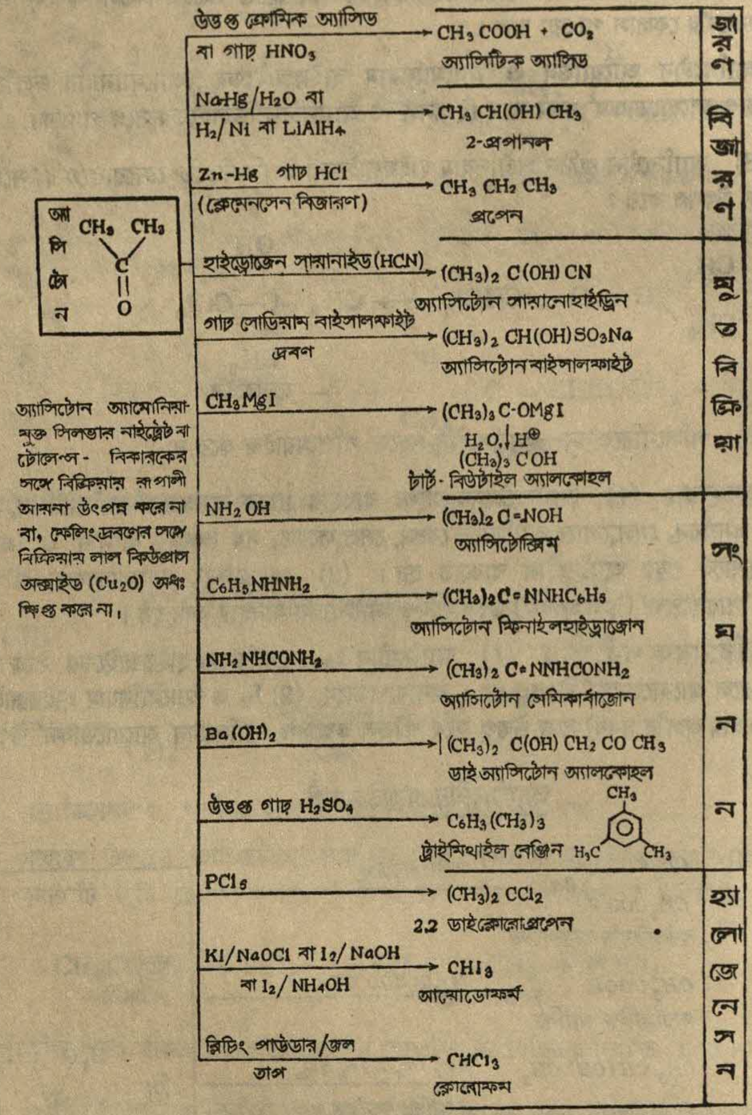
ব্যবহার ঃ (১) অ্যাসিটোনের মুখ্য ব্যবহার দ্রাবক হিসাবে। অ্যাসিটিলিন, গান-কটন, নাইট্রো-গ্লিসারিন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট রেয়ন, সেলুলয়েড, সব রকমের বার্নিশ ও lacquer-এর দ্রাবক হিসাবে প্রচুর অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়। (২) ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম ও কাচের মত প্লাস্টিক 'পারসপেক্স' ('perspex') উৎপাদনেও অ্যাসিটোন ব্যবহার করা হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ (১) অ্যাসিটোন I_2 ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করে শীতল করলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়। অনুরূপভাবে, (২) I_2 ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে (অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ) সঙ্গে উত্তপ্ত করে শীতল করলেও অ্যাসিটোন আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

অ্যাসিটোন প্রস্তুতির চার্ট



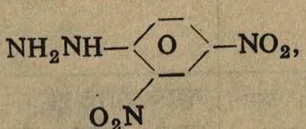
অ্যাসিটোনের বিক্রিয়ার চার্ট



[**অ্যাসিটোনের অ্যালডল সংঘনন সম্বন্ধে একটি কথা :** ব্যারাইটার উপস্থিতিতে অ্যাসিটোনের অ্যালডল সংঘনন ঘটালে ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল পাওয়া যায় মাত্র 2%। বিশেষ ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করে বিক্রিয়াটি ঘটালে যথেষ্ট পরিমাণে ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল পাওয়া যায়। বিক্রিয়াটি এইভাবে ঘটানো যায় : ব্যারাইটার সংস্পর্শে অ্যাসিটোন সামান্য পরিমাণ ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করার পর ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনের মিশ্রণ সরিয়ে নেওয়া হয়। এইবার এই মিশ্রণকে ফোটালে অ্যাসিটোনের স্ফুটনাংক অনেক কম হওয়ায় অ্যাসিটোন প্রথমে বাষ্পীভূত হয় এবং ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল পাত্রে থেকে যায়। বাষ্পীভূত অ্যাসিটোনকে তরলায়িত করে আবার ব্যারাইটার সংস্পর্শে আনা হয় এবং আবার উৎপন্ন ডাই-অ্যাসিটোন অ্যালকোহল যুক্ত অ্যাসিটোন সরিয়ে নেওয়া হয়। এইভাবে যথেষ্ট পরিমাণ ডাইঅ্যাসিটোন অ্যালকোহল উৎপন্ন করা যায়। বিক্রিয়াটি সক্সলেট (soxhlet) নামক যন্ত্রে ঘটনো হয়।]

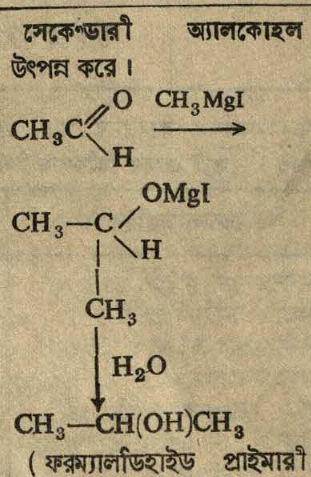
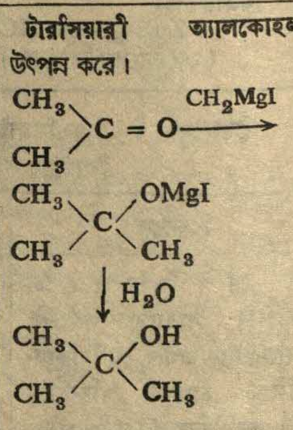
অ্যালডিহাইড ও কিটোনের তুলনা (অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন নিয়ে এই তুলনা করা যেতে পারে)।

সাদৃশ্য : উভয়ের মধ্যেই কার্বনিল (C=O) গ্রুপ থাকায় উভয়ের বিক্রিয়ায় অনেক সাদৃশ্য আছে :

বিকারক	অ্যালডিহাইড ও কিটোন
1. যুত বিক্রিয়া :	
(i) HCN	সায়ানোহাইড্রিন গঠন করে।
(ii) $NaHSO_3$	বাইসালফাইট যুত-যৌগ গঠন করে। (সব কিটোন অবশ্য নয়)
2. সংঘনন :	
(i) NH_2OH, NH_2NH_2, $NH_2NHC_6H_5$,  $NH_2NHCONH_2$	যথাক্রমে অক্সিম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন, 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজোন ও সেমিকার্বাজোন গঠন করে।
(ii) অ্যালডল সংঘনন :	α-H যুক্ত যৌগগুলি ডাইমার (β-হাইড্রক্সি কার্বনিল যৌগ) গঠন করে।
3. ক্লোরিনেশন :	
(i) PCl_5	ডাইক্লোরোপ্যারাফিন উৎপন্ন করে (কার্বনিল গ্রুপের অক্সিজেন দুটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়)। (ফরম্যালডিহাইড বিক্রিয়া করে না।)
(ii) Cl_2	অ্যালকিল গ্রুপযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে অ্যালকিল গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।
4. বিজারণ : Zn/Hg—গাঢ় HCl (ক্লেমেনসেন বিজারণ)	উভয়েই হাইড্রোকার্বনে বিজারিত হয়।

বৈসাদৃশ্য : অ্যালডিহাইডে কার্বনিল কার্বনের সঙ্গে একটি হাইড্রোজেন যুক্ত আছে, কিটোনে তা নেই। তাই এদের বিক্রিয়ায় কিছু পার্থক্য দেখা যায়।

বিকারক	অ্যালডিহাইড	কিটোন
A. যে বিক্রিয়াগুলি পরীক্ষার সাহায্যে সহজেই দেখানো যায় অর্থাৎ, যে বিক্রিয়াগুলিতে চাক্ষুষ পরিবর্তন হয়। অ্যালডিহাইডগুলি শক্তিশালী বিজারক, তাই মৃদু জারক দ্রব্যকেও বিজারিত করে।		

বিকারক	অ্যালডিহাইড	কিটোন
(1) টোলেন্স বিকারক	রূপালী আয়না উৎপন্ন করে।	রূপালী আয়না উৎপন্ন করে না।
(2) ফেলিং-দ্রবণ	লাল কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) অধঃক্ষিপ্ত হয়।	লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় না।
(3) সিফ্-বিকারক	গোলাপী (purple) রং ফিরিয়ে আনে। (সব অ্যালডিহাইড নয়)।	গোলাপী রং ফিরিয়ে আনতে পারে না।
B. যে বিক্রিয়াগুলি পরীক্ষার সাহায্যে দেখানো কষ্টকর (চাক্ষুষ পরিবর্তন হয় না)।		
(1) জারণ	সহজেই জারিত হয়। সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত—কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ $CH_3CHO \xrightarrow{[O]} CH_3COOH$	সহজে জারিত হয় না। শক্তিশালী জারক দ্রব্য যেমন, ক্রোমিক অ্যাসিড বা গাঢ় HNO_3 সহযোগে ফোটালে কমসংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ $CH_3COCH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3COOH + CO_2 + H_2O$
(2) বিজারণ	বিজারিত হয়ে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত **প্রাইমারী অ্যালকোহল** উৎপন্ন করে। $CH_3CHO \xrightarrow{[H]} CH_3CH_2OH$	বিজারিত হয়ে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত **সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল** উৎপন্ন করে। $CH_3COCH_3 \xrightarrow{[H]} CH_3CH(OH)CH_3$
(3) গ্রীগনার্ড বিকারক	সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।  (ফরম্যালডিহাইড প্রাইমারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে)।	টারসিয়ারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। 

মিথানল, ইথানল, অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা (শুধু সেই পরীক্ষাগুলিই ব্যবহার করা যায় যেগুলিতে চাক্ষুষ পরিবর্তন হয় বা বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়)।

বিকারক	মিথানল	ইথানল	অ্যাসিট্যালডিহাইড	অ্যাসিটোন
1. $I_2/NaOH$ (উত্তপ্ত করে ঠাণ্ডা করা হয়)	—	বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস উৎপন্ন হয়। (সমীকরণ : 176 পৃষ্ঠা)	বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস উৎপন্ন হয়। (সমীকরণ : 240 পৃষ্ঠা)	বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস উৎপন্ন হয়। (সমীকরণ : 148 পৃষ্ঠা)
2. I_2/NH_4OH (উত্তপ্ত করে ঠাণ্ডা করা হল)	—	—	—	আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়।
3. টোলেন্স বিকারক (উত্তপ্ত করা হল)	—	—	রূপালী আয়না উৎপন্ন হয়।	—
4. ফেলিং-দ্রবণ (ফুটানো হল)	—	—	কিউপ্রাস অক্সাইডের লাল অধঃক্ষেপ পড়ে	—
5. স্যালিসাইলিক অ্যাসিড + গাঢ় H_2SO_4 (উত্তপ্ত করা হল)	উইনটার গ্রীন তেলের বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়	উইনটারগ্রীন তেলের গন্ধ পাওয়া যায় না, কিন্তু এস্টারের মিষ্ট গন্ধ পাওয়া যায়	—	—
6. গ্লেসিয়াল CH_3COOH+ গাঢ় H_2SO_4 (উত্তপ্ত করা হল)।	মিথাইল অ্যাসিটেটের গন্ধ পাওয়া গেল	ইথাইল অ্যাসিটেটের বিশিষ্ট গন্ধ পাওয়া গেল	—	—

উপরের তালিকা ব্যবহার করে যে কোন দুটির মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

● কয়েকটি সমস্যার সমাধান

1. একটি গ্যাসীয় জৈব যৌগ জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। যৌগটি সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে সেমিকার্বাজাইড হাইড্রোক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সেমিকার্বাজোন উৎপন্ন করে এবং টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে রূপালী আয়না উৎপন্ন করে। যৌগটির জলীয় দ্রবণ গাঢ় NaOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে মিথাইল অ্যালকোহল ও সোডিয়াম ফরমেট পাওয়া যায়। যৌগটিকে সনাক্ত কর এবং বিক্রিয়াগুলি লেখ।

সমাধান : (1) যৌগটি সেমিকার্বাজোন উৎপন্ন করে।

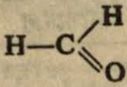
∴ যৌগটিতে কার্বনিল $\left(>C=O\right)$ গ্রুপ বর্তমান।

(2) যৌগটি টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে।

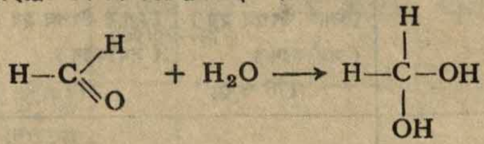
∴ যৌগটিতে কার্বনিল গ্রুপ অ্যালডিহাইড $\left(-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}=O\right)$ গ্রুপ হিসাবে বর্তমান।

(3) যৌগটি অ্যালডিহাইড এবং যৌগটির জলীয় দ্রবণ গাঢ় NaOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করলে অ্যালকোহল ও অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটি ক্যানিজারো বিক্রিয়া।

∴ যৌগটিতে α-H পরমাণু নাই। এখন যেহেতু ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় যৌগটি থেকে মিথাইল অ্যালকোহল ও ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, সুতরাং যৌগটি নিঃসন্দেহে ফরম্যালডিহাইড,



। ফরম্যালডিহাইড সাধারণ অবস্থায় একটি গ্যাসীয় যৌগ এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। সম্ভবত জলের সঙ্গে হাইড্রেট উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায় :



বিক্রিয়াগুলি হল :

(1) $H{-}\overset{H}{\overset{|}{C}}{=}O + NH_2NHCONH_2.HCl \xrightarrow{CH_3COONa} H_2C{=}N.NHCONH_2$
ফরম্যালডিহাইড সেমিকার্বাজোন

(2) $HCHO + Ag_2O \longrightarrow HCOOH + 2Ag\downarrow$
(Ag₂O: টোলেন্স বিকারক; 2Ag: রুপালী আয়না)

(3) $2HCHO + NaOH \longrightarrow CH_3OH + HCOONa$
ফরম্যালডিহাইড → মিথানল + সোডিয়াম ফরমেট

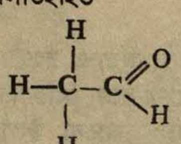
2. একটি জৈব যৌগ A (আণবিক সংকেত C_2H_4O) জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। যৌগটি টোলেন্স বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় রুপালী আয়না উৎপন্ন করে এবং I_2/ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। A-কে বিজারিত করলে অপর একটি যৌগ B উৎপন্ন করে। B-ও আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। A ও B যৌগ দুটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান : (1) A টোলেন্স বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় রুপালী আয়না উৎপন্ন করে।

∴ A এর মধ্যে অ্যালডিহাইড (—CHO গ্রুপ) আছে।

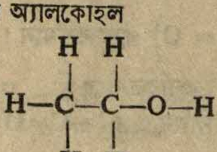
(2) A আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। যৌগটিতে মাত্র 2টি কার্বন পরমাণু আছে এবং একমাত্র অ্যালডিহাইড অ্যাসিট্যালডিহাইডই আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

∴ A যৌগটি অ্যাসিট্যালডিহাইড



(3) আবার A-কে বিজারিত করলে B পাওয়া যায়। B-ও আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। অ্যাসিট্যালডিহাইডকে বিজারিত করলে ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ইথাইল অ্যালকোহল একমাত্র প্রাইমারী অ্যালকোহল যেটি আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

∴ B যৌগটি ইথাইল অ্যালকোহল



বিক্রিয়াগুলি হল :

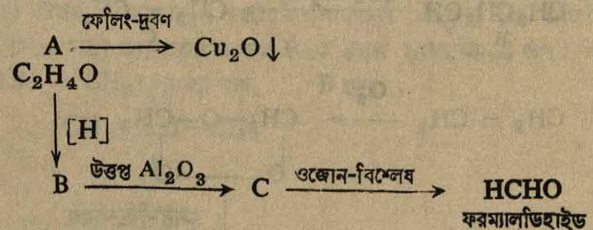
(1) $CH_3CHO + Ag_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2Ag\downarrow$ (রূপালী আয়না)

(2) $CH_3CHO \xrightarrow{I_2/NaOH} CHI_3$

(3) $CH_3CHO \xrightarrow{[H]} CH_3CH_2OH \xrightarrow{I_2/NaOH} CHI_3$

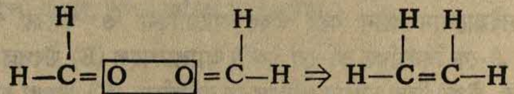
3. একটি জৈব যৌগ A (C_2H_4O) ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। A-কে বিজারিত করলে B পাওয়া যায়। B-এর বাষ্প উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে চালনা করলে C পাওয়া যায়। C-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে শুধু ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। A, B ও C যৌগ তিনটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান : সমস্যাটি হল :



(1) যেহেতু C-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে শুধু ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়,

∴ C হল ইথিলিন

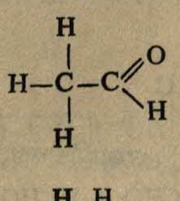


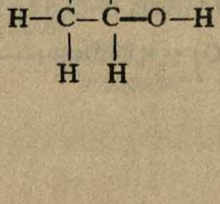
(2) ইথিলিন (C) পাওয়া যায় B-কে উত্তপ্ত Al_2O_3-এর উপর দিয়ে চালনা করে। উত্তপ্ত Al_2O_3-এর উপর দিয়ে চালনা করলে অ্যালকোহলের নিরুদনের ফলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। যেহেতু B থেকে ইথিলিন পাওয়া যায়, সুতরাং B হল ইথাইল অ্যালকোহল (CH_3CH_2OH)।

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত } Al_2O_3} CH_2 = CH_2$$

(3) B পাওয়া যায় A-এর বিজারণের ফলে। অ্যালডিহাইড বিজারিত হয়ে সম-সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল উৎপন্ন করে। আবার, A ফেলিং দ্রবণ থেকে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।

∴ A একটি অ্যালডিহাইড এবং যেহেতু A-এর বিজারণে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় সুতরাং A হল অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO)

∴ A হল  (অ্যাসিট্যালডিহাইড বা ইথান্যাল)

B হল  (ইথাইল অ্যালকোহল বা ইথানল)

C হল $\quad \mathrm{H_2C = CH_2}$ (ইথিলিন বা ইথিন)

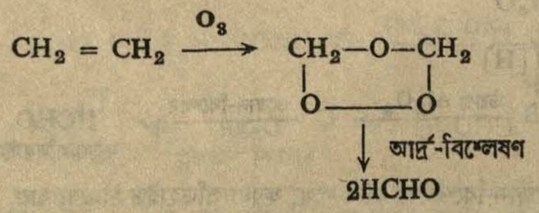
বিক্রিয়াগুলি হল :

(1) $\underset{A}{2CH_3CHO} + 2CuO \longrightarrow 2CH_3COOH + Cu_2O$

$$CH_3COOH \xrightarrow{NaOH} CH_3COONa$$

(2) $\underset{A}{CH_3CHO} \xrightarrow{[H]} \underset{B}{CH_3CH_2OH}$

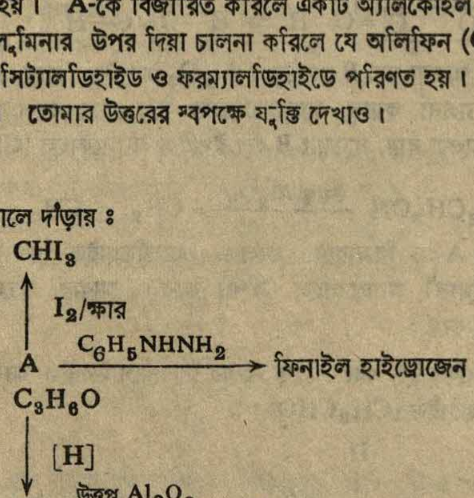
(3) $\underset{B}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত } Al_2O_3} \underset{C}{CH_2 = CH_2}$

(4) 

4. একটি জৈব যৌগের (A) আণবিক সংকেত C_3H_6O। ফিনাইল হাইড্রাজিনের সহিত বিক্রিয়ায় উহা ফিনাইল হাইড্রাজোন গঠন করে এবং আয়োডিন ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম গঠিত হয়। A-কে বিজারিত করিলে একটি অ্যালকোহল (B) উৎপন্ন হয়। (B)-এর বাষ্পকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া চালনা করিলে যে অলিফিন (C) উৎপন্ন হয় তাহা ওজোন-বিশ্লেষণের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইডে পরিণত হয়। A, B ও C যৌগের গঠন সংকেত ও নাম লিখ। তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও। (উচ্চ মাধ্যমিক, 1986)

সমাধান :

সমস্যাটি সাজালে দাঁড়ায় :



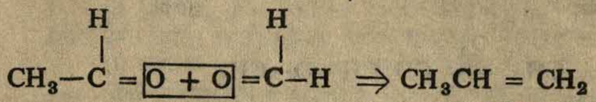
(1) A ফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফিনাইল হাইড্রাজোন উৎপন্ন করে।

$\therefore$ A-তে কার্বনিল $\left(>C = O\right)$ গ্রুপ উপস্থিত।

(2) A আয়োডিন ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম গঠন করে।

∴ A তে কিটো-মিথাইল (CH_3CO) গ্রুপ উপস্থিত। A অ্যালডিহাইড হতে পারে না কারণ কোন C_3-অ্যালডিহাইড আয়োডোফর্ম গঠন করে না।

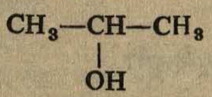
(3) C একটি অলিফিন। C-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO) ও ফরম্যালডিহাইড (HCHO) উৎপন্ন হয়। সুতরাং C অলিফিনটি হল প্রপিন। কারণ,



প্রপিন

(4) যেহেতু A একটি কিটো যৌগ এবং A-এর বিজারণের দ্বারা B উৎপন্ন হয়, সুতরাং, B একটি সেকেন্ডারী অ্যালকোহল।

উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে চালনা করলে অ্যালকোহল নিরুদিত হয়ে অলিফিন উৎপন্ন করে। যেহেতু B একটি সেকেন্ডারী অ্যালকোহল এবং B-কে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে চালনা করলে প্রপিন (C, $CH_3CH = CH_2$) পাওয়া যায়, ∴ B হল

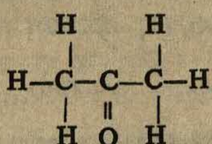


2-প্রপানল

(5) কিটো যৌগের বিজারণের ফলে সেকেন্ডারী অ্যালকোহল পাওয়া যায়। A-এর বিজারণে 2-প্রপানল পাওয়া যায়, সুতরাং A হল CH_3COCH_3 (বিজারণে C = O পরিণত হয় CHOH গ্রুপে) অর্থাৎ, প্রপানোন বা অ্যাসিটোন।

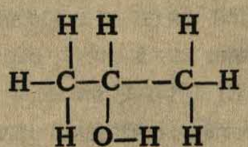
সুতরাং,

A-এর গঠন সংকেত



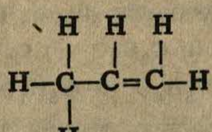
নাম : অ্যাসিটোন

B-এর গঠন সংকেত



নাম : 2-প্রপানল

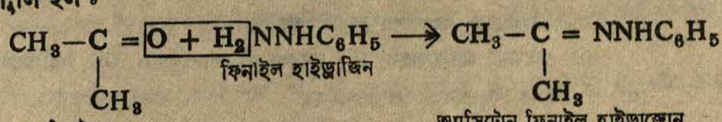
C-এর গঠন সংকেত



নাম : প্রপিন

বিক্রিয়াগুলি হল :

(1)

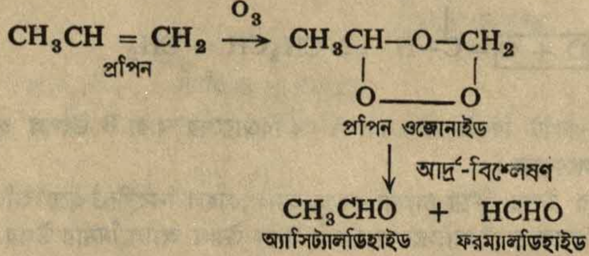


(2) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{I_2/NaOH} CHI_3$

আয়োডোফর্ম

(3) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{[H]} CH_3CH(OH)CH_3$
অ্যাসিটোন → 2-প্রপানল

(4) $CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত } Al_2O_3} CH_3CH = CH_2$
2-প্রপানল → প্রপিন

(5)


অনুশীলনী

1. সঠিক উত্তরটিতে √ চিহ্ন দাও ঃ

(a) অ্যালডিহাইডের সাধারণ সঙ্কেত হল
(i) $C_nH_{2n}O$, (ii) $C_nH_{2n+1}O$, (iii) $C_nH_{2n+2}O$

(b) কিটোনের সাধারণ সঙ্কেত হল (i) $C_nH_{2n}O$, (ii) C_nH_{2n+1}, (iii) $C_nH_{2n+2}O$

(c) অ্যালডিহাইডে উপস্থিত কার্যকারী গ্রুপ হল
(i) $-CHO$, (ii) $>C=O$, (iii) $>CHOH$

(d) কিটোনে উপস্থিত কার্যকারী গ্রুপ হল (i) $—CHO$, (ii) $>C=O$, (ii) $>CHOH$

(e) সম-সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সংকেত
(i) একই, (ii) বিভিন্ন, (iii) এক হতেও পারে নাও পারে।

(f) অ্যালডিহাইড মূলকের যোজ্যতা (i) 0, (ii) 1, (iii) 2

(g) কিটো.মূলকের যোজ্যতা (i) 0, (ii) 1, (iii) 2

(h) IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইডের শ্রেণী প্রত্যয় (i) অল, (ii) অ্যাল, (iii) ওন

(I) IUPAC পদ্ধতিতে কিটোনের শ্রেণী প্রত্যয় (i) অল, (ii) অ্যাল, (iii) ওন

(J) C-3 অ্যালডিহাইডের সঙ্কেত (i) C_3H_6O, (ii) C_3H_7O, (iii) C_3H_8O

(k) C-3 কিটোনের সঙ্কেত (i) C_3H_6O, (ii) C_3H_7O (iii) C_3H_8O

(l) C-4 অ্যালডিহাইডে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা (i) 8, (ii) 9, (iii) 10

(m) C-4 কিটোনে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা (i) 8, (ii) 9, (iii) 10

(n) অ্যালডিহাইডের বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয়
(i) প্রাইমারী অ্যালকোহল, (ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, (ii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল

(o) কিটোনের বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয়
(i) প্রাইমারী অ্যালকোহল, (ii) সেকেন্ডারী অ্যালকোহল, (iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল

(p) অ্যাসিট্যালডিহাইডে উপস্থিত α-H পরমাণুর সংখ্যা (i) 0, (ii) 1, (iii) 3

(q) ট্রাইমিথাইল অ্যাসিট্যালডিহাইডে উপস্থিত α-H পরমাণুর সংখ্যা (i) 0, (ii) 1, (iii) 9

(r) ইথানলের জারণের ফলে উৎপন্ন হয়
(i) ফরম্যালডিহাইড, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) অ্যাসিটোন

(s) ইথাইল মিথাইল কিটোন প্রস্তুতির জন্য জারিত করা হয় (i) 2-প্রপানল, (ii) 1-বিউটানল, (iii) 2-বিউটানল, (iv) 1-বিউটাইল অ্যালকোহল [I.I.T. '87]

(t) অ্যাসিটোনে উপস্থিত ∝-H পরমাণুর সংখ্যা (i) 0, (ii) 3, (iii) 6

(u) ক্লেমেনসেন বিজারণে বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়
(i) $LiAlH_4$, (ii) Zn/Hg—গাঢ় HCl, (iii) H_2/Ni

(v) ∝-H বিহীন অ্যালডিহাইডের সঙ্গে তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়াকে বলে
(i) অ্যালডল সংঘনন, (ii) ক্যানিজারো বিক্রিয়া, (iii) পলিমেরিজেশন

(w) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন স্বতন্ত্রীকরণ করা যায়
(i) টোলেন্স বিকারক, (ii) $NaHSO_3$, (iii) HCN দ্বারা।

2. বাঁদিকের সঙ্গে ডান দিকের সামঞ্জস্য বিধান কর ঃ

(i)	অ্যাসিট্যালডিহাইড	(vii)	ইউরোট্রপিন
(ii)	ফরম্যালডিহাইড	(viii)	CHO গ্রুপ
(iii)	অ্যাসিটোন	(ix)	অ্যালডল
(iv)	টোলেন্স বিকারক	(x)	I_2/NH_4OH
(v)	কার্বনিল গ্রুপ	(xi)	কিটোন
(vi)	সেকেন্ডারী অ্যালকোহলের জারণ	(xii)	যুত বিক্রিয়া

3. নীচের বিবৃতিগুলির কারণ নির্দেশ কর ঃ

(i) অ্যালডিহাইড মূলক সর্বদা কার্বন শৃংখলের প্রান্তে থাকে।
(ii) কিটোমূলক সর্বদা কার্বন শৃংখলের মাঝে থাকে।
(iii) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের ধর্মে বহুলাংশে মিল লক্ষিত হয়।
(iv) অ্যালডিহাইড কিটোন অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক।
(v) অ্যালডিহাইড বা কিটোনের স্ফুটনাংক তুলনীয় আণবিক ওজনের ইথার থেকে অনেক বেশী কিন্তু অ্যালকোহল থেকে অনেক কম।
(vi) যুত বিক্রিয়ায় অ্যালডিহাইড কিটোনের থেকে অনেক সক্রিয়।

4. (a) অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির তিনটি সাধারণ সমীকরণ দাও।
(b) কিটোন প্রস্তুতির তিনটি সাধারণ সমীকরণ দাও।

5. (a) 2-বিউটানোনের সেমিকার্বাজোন গঠনের সমিত সমীকরণ দাও।
(b) ইথান্যালের অ্যালডল সংঘননের সমিত সমীকরণ দাও।
(c) অ্যাসিটোনের অ্যালডল সংঘননের সমিত সমীকরণ দাও।

6. ফরম্যালডিহাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? ফরম্যালডিহাইডকে সাধারণত জলীয় দ্রবণ হিসাবে পাওয়া যায় কেন?
ফরম্যালডিহাইডের (i) জারণ, (ii) বিজারণ, (iii) যুত-বিক্রিয়া, (iv) সংঘনন, (v) স্বতঃ জারণ-বিজারণ, (vi) পলিমেরিজেশন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।
ফরম্যালডিহাইডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

7. পরীক্ষাগারে কিভাবে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয়? কিভাবে অ্যাসিট্যালডিহাইড বিশুদ্ধ করা হয়?
অ্যাসিট্যালডিহাইডের মুখ্য ধর্ম ও বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। অ্যাসিট্যালডিহাইডের ব্যবহার উল্লেখ কর।

8. অ্যাসিট্যালডিহাইডের (i) জারণ, (ii) বিজারণ, (iii) যুত-বিক্রিয়া, (iv) সংঘনন, (v) পলিমেরিজেসন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

9. অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও :
(i) NH_3, (ii) $NaHSO_3$, (iii) HCN, (iv) NH_2OH, (v) $C_6H_5NHNH_2$, (vi) PCl_5, (vii) Cl_2, (viii) $I_2/NaOH$

10. পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কিভাবে অ্যাসিটোন বিশুদ্ধ করা হয়। অ্যাসিটোনের মুখ্য ধর্ম ও বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। অ্যাসিটোনের ব্যবহার উল্লেখ কর।

11. অ্যাসিটোনের (i) জারণ, (ii) বিজারণ, (iii) যুত-বিক্রিয়া, (iv) সংঘনন, (v) ক্লোরিনেসন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

12. **অ্যাসিটোনের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়কগুলির বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও :**
(i) HCN, (ii) $NaHSO_3$, (iii) PCl_5, (iv) NH_2OH, (v) $C_6H_5NHNH_2$, (vi) $Ba(OH)_2$, (vii) $I_2/NaOH$, (viii) I_2/NH_4OH, (ix) Cl_2, (x) Zn/Hg—গাঢ় HCl

13. **সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ :**
(a) (i) অ্যালডল সংঘনন, (ii) ক্লেমেনসেন বিজারণ, (iii) ক্যানিজারো বিক্রিয়া, (iv) উলফ-কিশনার বিজারণ, (v) স্টিফেন-বিজারণ, (vi) রোজেনমুন্ড বিজারণ।
(b) (i) প্যারালডিহাইড, (ii) মেটালডিহাইড, (iii) ইউরোট্রপিন, (iv) ট্রাইঅক্সান, (v) প্যারাফরম্যালডিহাইড, (vi) ক্লোরাল।

14. (a) নীচের যৌগগুলির সাধারণ অবস্থায় ভৌতাবস্থা উল্লেখ কর :
(i) ফরম্যালডিহাইড, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iii) অ্যাসিটোন
উপরের যৌগগুলিকে স্ফুটনাঙ্কের ক্রম অনুযায়ী সাজাও এবং এরা জলে দ্রবণীয় না অদ্রবণীয় উল্লেখ কর।
(b) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের বিক্রিয়ার পার্থক্য কি?

15. চারটি লেবেলহীন বোতলে বিশুদ্ধ ডাইইথাইল ইথার, ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন আছে। কিভাবে বোতলগুলিকে সঠিকভাবে লেবেল করবে?

16. রাসায়নিক পরীক্ষার সাহায্যে কিভাবে নীচের যৌগজোড়গুলির মধ্যে পার্থক্য করবে?
(i) ইথানল ও অ্যাসিটোন, (ii) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন, (iii) ইথানল ও অ্যাসিট্যালডিহাইড, (iv) মিথানল ও অ্যাসিট্যালডিহাইড, (v) মিথানল ও অ্যাসিটোন, (vi) ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিট্যালডিহাইড, (vii) প্রপান্যাল ও প্রপানোন, (viii) বিউটান্যাল ও বিউটানোন, (ix) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও প্রপিওন্যালডিহাইড।

17. (a) অ্যালডিহাইডের অ্যাসিডে জারিত হওয়ার প্রবণতা প্রাইমারী অ্যালকোহলের অ্যালডিহাইডে জারিত হওয়ার প্রবণতা থেকে বেশী। তাহলে পরীক্ষাগারে ইথানলের জারণের দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা যায় কেন?
(b) C_4H_8O সংকেতসম্পন্ন অ্যালডিহাইড ও কিটোনগুলির গঠন ও নাম লেখ। তারা যে যে অ্যালকোহলের জারণের ফলে উৎপন্ন হয় তাদের গঠন ও নাম লেখ।

18. **কি ঘটে সমীকরণ সহ বিবৃত কর :**
(a) গাঢ় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহ ফরম্যালডিহাইড ঝাঁকানো হল এবং মিশ্রণকে অম্লায়িত করা হল।
(b) অ্যাসিটোনের সঙ্গে জিঙ্ক অ্যামালগাম ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হল।
(c) অ্যাসিট্যালডিহাইডের সঙ্গে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটানো হল।
(d) ক্যালসিয়াম ফরমেটের উপস্থিতিতে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল।
(e) অ্যাসিটোনের সঙ্গে ব্যারাইটার বিক্রিয়া ঘটানো হল।
(f) অ্যাসিটোনের সঙ্গে আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটানো হল।

(g) অ্যাসিটোনের সঙ্গে আয়োডিন ও জলীয় অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটানো হল।

(h) অ্যাসিটোন গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে পাতিত করা হল।

(i) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল।

(j) 0° সে. উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় অ্যাসিট্যালডিহাইডকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দিয়ে সম্পৃক্ত করা হল।

19. (a) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সাদৃশ্যমূলক বিক্রিয়াগুলির একটি ছক প্রস্তুত কর।

(b) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের বৈসাদৃশ্যমূলক বিক্রিয়াগুলির একটি ছক প্রস্তুত কর।

20. অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য উল্লেখ কর।

21. (a) অ্যাসিটোনকে কিভাবে অ্যারোমেটিক যৌগে রূপান্তরিত করবে?

(b) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে কিভাবে পার্থক্য নিরূপণ করবে?

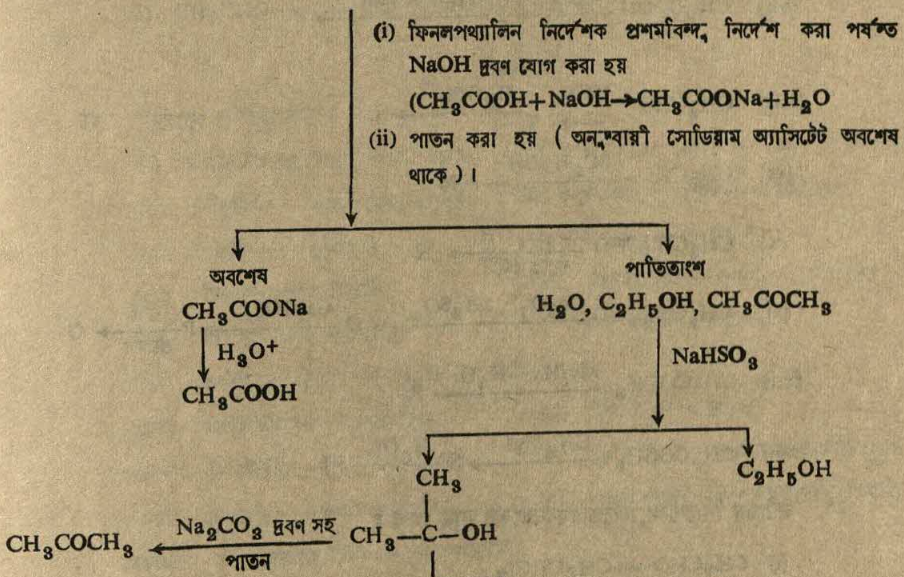
(c) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের বিজারক ধর্মের তুলনা কর। কোনটিকে জারিত করা সহজ? জারণের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলির মধ্যে পার্থক্য কি?

22. প্রাইমারী অ্যালকোহলের $K_2Cr_2O_7$ বা $Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ জারণের দ্বারা অ্যালডিহাইড প্রস্তুতি এবং 300° সে. উষ্ণতায় Cu বা Ag অনুঘটকের উপর দিয়ে প্রাইমারী অ্যালকোহলের বাষ্প চালনা করে প্রাইমারী অ্যালকোহলের ডিহাইড্রোজেনেসন দ্বারা অ্যালডিহাইড প্রস্তুতির সুবিধা-অসুবিধা কি?

[**উত্তর আভাষ:** প্রথম পদ্ধতিতে অ্যালডিহাইড ফ্যাটি অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায় বলে শুধু অতি উদ্বায়ী নিম্ন আণবিক ওজনের অ্যালডিহাইড এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা সম্ভব—উৎপন্ন অ্যালডিহাইড খুব তাড়াতাড়ি পাতিত করে নেওয়া প্রয়োজন। দ্বিতীয় পদ্ধতিতে এই অসুবিধা নাই।]

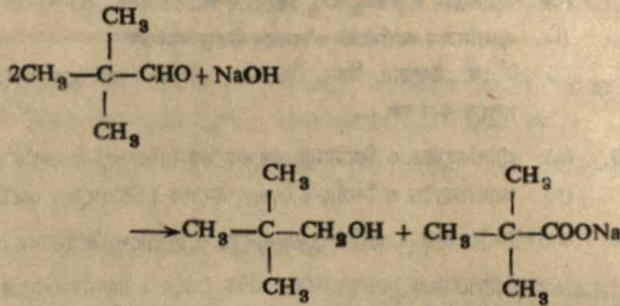
23. ইথানল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটোনের মিশ্রণ থেকে কিভাবে প্রতিটিকে রাসায়নিক পদ্ধতিতে পৃথক করবে?

[**উত্তর আভাষ:** $C_2H_5OH, CH_3COCH_3, CH_3COOH$



24. 2,2-ডাইমিথাইলপ্রপান্যালের সঙ্গে গাঢ় NaOH-এর বিক্রিয়ায় কি ঘটে ?

[উত্তর আভাস :



(ক্যানিজারো বিক্রিয়া)]

25. **নীচের বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়াজাতের গঠন ও নাম লেখ (A থেকে T) :**

(i) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2OH,\ HCl} A$

(ii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[CH_3COONa]{C_6H_5NHNH_2.HCl} B$

(iii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[\text{অ্যাসিড}]{\text{উত্তপ্ত ক্রোমিক}} C$

(iv) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{Zn/Hg\text{—গাঢ় } HCl} D$

(v) $CH_3CHO \xrightarrow{\text{টোলেন্স বিকারক}} E + F$

(vi) $CH_3CHO \xrightarrow{\text{ফেলিং দ্রবণ}} G + H$

(vii) $CH_3COOH \xrightarrow{PCl_5} I \xrightarrow{H_2/Pd\text{-}BaSO_4} J$

(viii) $CH_3CHO \xrightarrow{HCN} K \xrightarrow{H_2O,H^{\oplus}} L$

(ix) $CH_3CHO \xrightarrow[\text{শুষ্ক } HCl]{2C_2H_5OH} M$

(x) $CH_3CH_2CHO \xrightarrow[\text{শুষ্ক } HCl]{2C_2H_5OH} N$

(xi) $CH_3CH_2CHO \xrightarrow{Cr_2O_7{}^{2-}/H_2SO_4} O \xrightarrow{Ca(OH)_2} P \xrightarrow[\text{প্রয়োগ}]{\text{তাপ}} Q$

(xii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{Mg/Hg\text{—}H_2O} R$

(xiii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{CH_3MgI} S \xrightarrow{H_3O^+} T$

26. **নীচের বিক্রিয়াগুলিতে বিকারকের নাম লেখ :**

(i) $CH_3CHO \xrightarrow{?} CH_3CHCl_2$

(ii) $CH_3CH_2CHO \xrightarrow{?} CH_3CH_2CH(OH)CN$

(iii) $CH_3CHO \xrightarrow{?} CH_3CH(OH)SO_3Na$

(iv) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{?} CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{?} CH_3CHBrCH_3$

$CH_3CHBrCH_3 \xrightarrow{?} CH_3CH=CH_2$

(v) $CH_3CH_2CHO \xrightarrow{?} CH_3CH_2CHCl_2 \xrightarrow{?} CH_3C\equiv CH$

(vi) $CH_3CHO \xrightarrow{?} CH_3CH(OH)CH_2CHO$

$CH_3CH(OH)CH_2CHO \xrightarrow{?} CH_3CH=CHCHO$

(vii) $CH_3COCH_3 \xrightarrow{?} CH_3COONH_4 + CHI_3$

(viii) $CH_3CHO \xrightarrow{?} CCl_3CHO$

(ix) $CH_3CHO \xrightarrow{?} CHI_3$

(x) $CH_3CH_2CHO \xrightarrow{?} CH_3-CH_2-CH(OC_2H_5)_2$

(xi) $CH_3CH_2CH_2CHO \xrightarrow{?} CH_2CH_2CH_2CH_2OH$

$CH_2CH_2CH_2CH_2OH \xrightarrow{?} CH_3CH_2CH=CH_2 \rightarrow CH_3CH_2CH(OH)-CH_3 \xrightarrow{?} CH_3CH_2COCH_3$

$CH_3CH_2COCH_3 \xrightarrow{?} CH_3COOH + CHBr_3$

(xii) $CH_3CHO \xrightarrow{?} CH_3CH_2OH \xrightarrow{?} CH_2=CH_2$

$CH_2=CH_2 \xrightarrow{?} HCHO$

27. **কিভাবে প্রস্তুত করবে ?**

(i) অ্যাসিটিক অ্যাসিড ⟶ অ্যাসিটোন

(ii) অ্যাসিটিক অ্যাসিড ⟶ অ্যাসিট্যালডিহাইড

(iii) 2-বিউটিন ⟶ অ্যাসিট্যালডিহাইড

(iv) অ্যাসিট্যালডিহাইড ⟶ ক্লোরোফর্ম

(v) প্রপাইন ⟶ প্রপানোন

(vi) ইথান্যাল ⟶ ক্লোরাল

(vii) ইথানল ⟶ অ্যাসিটোন

(viii) অ্যাসিটিলিন ⟶ অ্যাসিট্যালডিহাইড

(ix) অ্যাসিটোন ⟶ ক্লোরোফর্ম

(x) অ্যাসিটোন ⟶ প্রপেন

(xi) অ্যাসিট্যালডিহাইড ⟶ অ্যাসিটিক অ্যাসিড

(xii) অ্যাসিটিলিন ⟶ অ্যাসিটোন

(xiii) ইথানল ⟶ অ্যালডল

(xiv) 1-বিউটানল ⟶ 2-বিউটানোন

(xv) অ্যাসিটিলিন ⟶ n-বিউটির‍্যালডিহাইড

(xvi) মিথানল ⟶ ফরম্যালডিহাইড

(xvii) ফরম্যালডিহাইড ⟶ অ্যাসিটালডিহাইড

(xviii) অ্যাসিট্যালডিহাইড ⟶ ফরম্যালডিহাইড

(xix) অ্যাসিট্যালডিহাইড ⟶ আইসোপ্রপাইল অ্যালকোহল

••(xx) ইথান্যাল ⟶ 2, 3-ডাইব্রোমোবিউটানোয়িক অ্যাসিড

[**উত্তর আভাষ :

$$2CH_3CHO \xrightarrow{NaOH} CH_3CH(OH)CH_2CHO \xrightarrow{\text{তাপ-প্রয়োগ}} CH_3CH{=}CHCHO \xrightarrow{Br_2} CH_3CHBrCHBrCHO \xrightarrow{[O]} CH_3CHBrCHBrCOOH$$]

28. একটি জৈব যৌগের বিজারণের ফলে ইথাইল অ্যালকোহল ও জারণের ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। যৌগটি কি? [উঃ CH_3CHO]

29. আণবিক ওজন 44 যুক্ত একটি জৈব যৌগ সোডিয়াম বাইসালফাইটের সঙ্গে যুত যৌগ গঠন করে এবং জারণের ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যৌগটি কি? [উঃ CH_3CHO]

30. C_3H_6O আণবিক সংকেতসম্পন্ন একটি জৈব যৌগ বাইসালফাইট যুত-যৌগ গঠন করে এবং টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে। যৌগটি কি? [উঃ CH_3CH_2CHO]

31. C_3H_6O আণবিক সংকেতসম্পন্ন একটি জৈব যৌগ ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু হাইড্রক্সিল্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সিম উৎপন্ন করে। যৌগটি আয়োডিন ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। যৌগটি কি? [উঃ অ্যাসিটোন]

32. দুটি সমাবয়বী যৌগ A ও B-এর আণবিক সঙ্কেত হল C_3H_6O। A-যৌগটির বিজারণের ফলে উৎপন্ন বিক্রিয়াজাতটি এবং A-যৌগটি নিজে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। কিন্তু B-যৌগটি বা B-যৌগটির বিজারণের ফলে উৎপন্ন বিক্রিয়াজাতের কোনটিই আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না। A ও B যৌগ দুটি কি কি হতে পারে?

[উঃ $A \rightarrow CH_3COCH_3$। বিজারণের ফলে $CH_3CH(OH)CH_3$ উৎপন্ন হয়। উভয়েই আয়োডোফর্ম গঠন করে।

$B \rightarrow CH_3CH_2CHO$। বিজারণের ফলে $CH_3CH_2CH_2OH$ উৎপন্ন হয়। কোনটিই আয়োডোফর্ম গঠন করে না।]

33. RCHO ধরনের কোন সরল অ্যালডিহাইডটি 18·9% নাইট্রোজেন যুক্ত ফিনাইল হাইড্রাজোন গঠন করে? [উঃ CH_3CH_2CHO]

3G. সম্পৃক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহ

কার্যকরী গ্রুপ : $-C{\overset{\displaystyle O}{\lessgtr}}O{-}H$ কার্বক্সিল গ্রুপ

কার্বক্সিল $\left(-C{\lessgtr}^{O}_{O-H}\right)$ গ্রুপের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনশীল। কোন যৌগে একটি কার্বক্সিল গ্রুপ উপস্থিত থাকলে একটি H-পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং এই যৌগগুলিকে একক্ষারকীয় অ্যাসিড বলে। মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহ একক্ষারকীয় অ্যাসিড (monobasic acid)। অনুরূপভাবে দুটি কার্বক্সিলিক গ্রুপ উপস্থিত থাকলে দ্বিক্ষারকীয় (dibasic), তিনটি কার্বক্সিলিক গ্রুপ উপস্থিত থাকলে ত্রি-ক্ষারকীয় (tribasic) অ্যাসিড ইত্যাদি বলা হয়। ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড বা দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড হিসাবে শুধু অক্সালিক অ্যাসিড পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত। প্রথমে একক্ষারকীয় অ্যাসিড আলোচনা করা হল, পরে অক্সালিক অ্যাসিড আলোচিত হল।

মনোকার্বক্সিলিক বা একক্ষারকীয় অ্যাসিড

সাধারণ সঙ্কেত : $C_nH_{2n}O_2$ এই সাধারণ সংকেত দিয়ে মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলিকে প্রকাশ করা হয়। $-COOH$ গ্রুপ উপস্থিত থাকায় এই যৌগগুলিকে $C_nH_{2n+1}COOH$ ($n=O$ হলে, যৌগটি ফরমিক অ্যাসিড) বা RCOOH (R=H হলে যৌগটি ফরমিক অ্যাসিড) এই সাধারণ সংকেত দিয়েও প্রকাশ করা হয়।

3G.1 নামকরণ (Nomenclature)

(পৃঃ 54-57, 64 দ্রষ্টব্য)

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহ

(1) **মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড** (ফ্যাটি অ্যাসিড। কিছু উচ্চতর সদস্য বিশেষত পামিটিক অ্যাসিড, স্টিয়ারিক অ্যাসিড চর্বিতে (fat) পাওয়া যায় বলে এদের ফ্যাটি অ্যাসিডও বলা হয়)।

কার্যকরী গ্রুপ : 1টি COOH

সাধারণ সংকেত : $C_nH_{2n}O_2$
বা, $C_nH_{2n+1}COOH$
বা, RCOOH

উদাহরণ : HCOOH ফরমিক অ্যাসিড (মিথানোয়িক অ্যাসিড)
CH_3COOH অ্যাসিটিক অ্যাসিড (ইথানোয়িক অ্যাসিড)

(2) **ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড**

কার্যকরী গ্রুপ : 2টি COOH গ্রুপ

উদাহরণ : COOH
|　　, $2H_2O$
COOH অক্সালিক অ্যাসিড
(ইথেনডাইওয়িক অ্যাসিড)
দুটি কেলাস-জল অণুসহ কেলাসিত হয়।

প্রশ্ন : 3G.1 দুটি এককক্ষারকীয় কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও একটি দ্বি-ক্ষারকীয় কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের গঠন ও নাম লেখ।

3G.2 প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (General Methods of Preparation)

(1) **জারণ দ্বারা :** (i) আমরা আগে দেখেছি **অ্যালকোহল** ও **কার্বনিল** যৌগকে জারিত করলে **কার্বক্সিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায়**। সুতরাং, উপযুক্ত জারক দ্রব্য দিয়ে প্রাইমারী অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে জারিত করে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। প্রাইমারী অ্যালকোহল ও অ্যালডিহাইডের জারণের ফলে **সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড** এবং কিটোনের জারণের ফলে কিটোন থেকে **কমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড** পাওয়া যায়। **জারক দ্রব্য** হিসাবে আম্লিক পটাসিয়াম বা সোডিয়াম ডাইক্রোমেট, আম্লিক বা ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, সাধারণত ব্যবহার করা হয়। অ্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে মৃদু জারক দ্রব্যও ব্যবহার করা যায়।

$$\underset{1^\circ \text{ অ্যালকোহল}}{RCH_2OH} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{অ্যালডিহাইড}}{RCHO} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{কার্বক্সিলিক অ্যাসিড}}{RCOOH}$$

$$\underset{2^\circ \text{ অ্যালকোহল}}{RCHOHR} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{কিটোন}}{RCOR} \xrightarrow{[O]} \underset{\text{কার্বক্সিলিক অ্যাসিড}}{RCOOH} + CO_2 + H_2O$$

(ii) **কিটোমিথাইল গ্রুপযুক্ত যৌগের হাইপোহ্যালাইট জারণ (হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া) ঃ** যে সব কিটোনে কিটোমিথাইল গ্রুপ বর্তমান তাদের হাইপোহ্যালাইট জারণের দ্বারা কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$RCOCH_3 \xrightarrow[\text{বা } (X_2/NaOH)]{NaOX} RCOONa + CHX_3$$

$$RCOONa \xrightarrow{H_3O^{\oplus}} RCOOH$$

$(X = Cl, Br$ বা $I)$

প্রশ্ন ঃ **3G.2** 1° অ্যালকোহল ও অ্যালডিহাইড থেকে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ।

3G.3 হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ব্যবহার করে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ।

(2) **অ্যালকিল সায়ানাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা (By the hydrolysis of alkyl cyanides) ঃ** অ্যালকিল সায়ানাইডকে অ্যাসিড বা ক্ষারসহ ফোটালে অ্যালকিল সায়ানাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ

$$RCN + H_2O \xrightarrow{H^{\oplus}} RCOOH + NH_4^{\oplus}$$

$$RCN + H_2O \xrightarrow{^{\ominus}OH} RCOO^{\ominus} + NH_3$$

$$RCN + 2H_2O + HCl \longrightarrow RCOOH + NH_4Cl$$

$$RCN + H_2O + NaOH \longrightarrow RCOONa + NH_3$$

$$(RCOONa + HCl \longrightarrow RCOOH + NaCl)$$

অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল সায়ানাইড প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$RX + KCN \longrightarrow RCN + KX$$

আবার, অ্যালকোহল থেকে অ্যালকিল হ্যালাইড প্রস্তুত করা যায়।

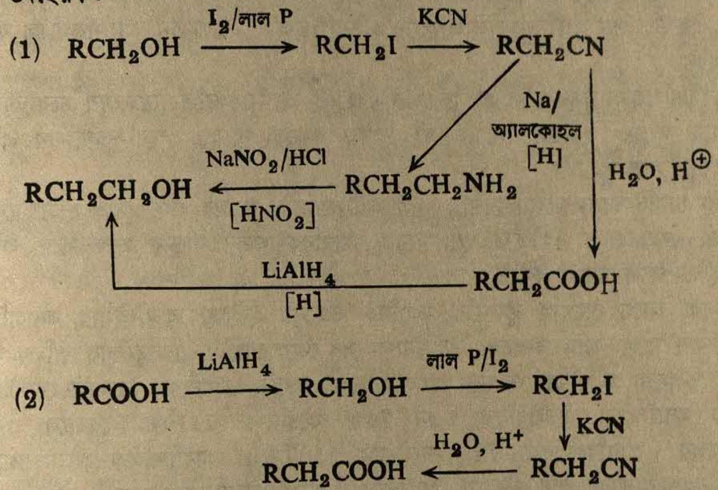
সুতরাং এইভাবে কোন অ্যালকোহল থেকে 1টি কার্বন পরমাণু বেশীযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$\underset{1^\circ \text{ অ্যালকোহল}}{RCH_2OH} \xrightarrow{I_2/\text{লাল } P} \underset{\text{অ্যালকিল হ্যালাইড}}{RCH_2I} \xrightarrow{KCN} RCH_2CN \xrightarrow{H_2O,\ H^{\oplus}} RCH_2COOH$$

এইভাবে **শৃংখলে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বাড়ানো যায়। কার্বন পরমাণুর সংখ্যা বাড়ানোর জন্য সায়ানাইড গ্রুপ প্রবেশ করানো একটি প্রচলিত পদ্ধতি।** সায়ানাইড গ্রুপকে অন্য গ্রুপে পরিবর্তিত করা যায়। নিম্নতর সমগণকে উচ্চতর সমগণে পরিবর্তিত করতে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা যায়।

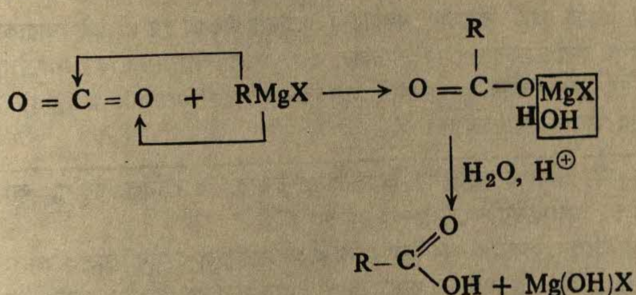
নিম্নতর সমগণকে উচ্চতর সমগণে রূপান্তরিতকরণ

উদাহরণ ঃ

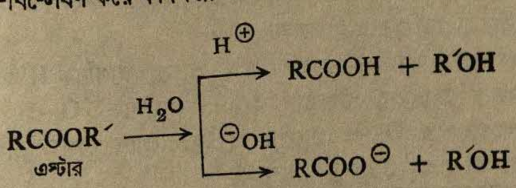


(3) গ্রীগনার্ড বিকারক ব্যবহারের দ্বারা (By the use of Grignard reagent)

কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডের (শুষ্ক বরফ) সঙ্গে কোন গ্রীগনার্ড বিকারকের বিক্রিয়া ঘটালে যে যুতযৌগ উৎপন্ন হয় তার আর্দ্র-বিশ্লেষণের দ্বারা কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ঃ



(4) এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis of esters) ঃ অনেক এস্টারের অ্যাসিড বা ক্ষার সহযোগে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ঃ



ক্ষার দিয়ে এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণকে সাবানীভবন (saponification) বিক্রিয়া বলে (পরে দ্রষ্টব্য) ঃ

$$RCOOR' + NaOH \longrightarrow RCOONa + R\,OH$$

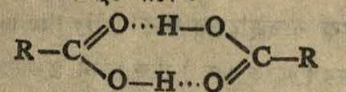
3G.3 সাধারণ ধর্মাবলী ও রাসায়নিক বিক্রিয়া (General Properties and reactions)

A. ভৌত ধর্ম : প্রথম তিনটি অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিড, অ্যাসিটিক ও প্রপিওনিক অ্যাসিড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। C_4 থেকে C_9 পর্যন্ত অ্যাসিডগুলি তৈলাক্ত পদার্থ এবং C_{10}-এর ঊর্ধ্বতন অ্যাসিডগুলি গন্ধহীন কঠিন পদার্থ। ঊর্ধ্বতন অ্যাসিডগুলি কম উদ্বায়ী বলে গন্ধহীন।

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি ধ্রুবীয় যৌগ এবং এই অ্যাসিডগুলি নিজেদের মধ্যে এবং উপযুক্ত অন্য অণুর সঙ্গেও হাইড্রোজেন বন্ধনী উৎপন্ন করতে পারে। অ্যাসিডগুলির এই প্রকৃতি অ্যালকোহলের সঙ্গে তুলনীয়।

প্রথম চারটি সদস্য জলে দ্রবণীয়। এই অ্যাসিডগুলি জলের অণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন করার ফলে জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। আণবিক ওজন বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির জলে দ্রাব্যতা কমতে থাকে।

আমরা আগে দেখেছি তুলনীয় আণবিক ওজনের হাইড্রোকার্বন, ইথার, অ্যালডিহাইড ও অ্যালকোহলের মধ্যে অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক সব থেকে বেশী। কিন্তু কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক তুলনীয় আণবিক ওজনের অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক থেকেও অনেকটা বেশী। যেমন, প্রপিওনিক অ্যাসিডের (আণবিক ওজন 74) স্ফুটনাঙ্ক 141°সে. যেখানে n-বিউটাইল অ্যালকোহলের (আণবিক ওজন 74) স্ফুটনাঙ্ক 118°সে.। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির এত উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের কারণ হল এই যে একজোড়া কার্বক্সিলিক অ্যাসিড অণু **একটি নয় — দুটি হাইড্রোজেন বন্ধনীর** মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত থাকে :



কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ডাইমার

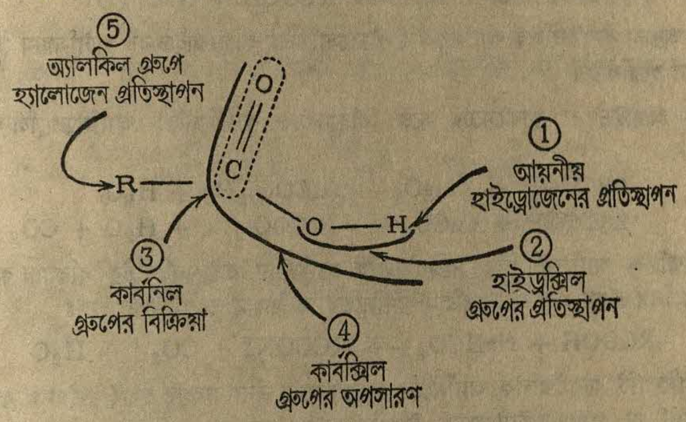
ফলে একটি আট সদস্যের বলয়াকার ডাইমার উৎপন্ন হয়। এই বলয়াকার ডাইমার ভেঙ্গে মনোমার উৎপন্ন করতে প্রচুর তাপের প্রয়োজন হয়, ফলে অ্যাসিডগুলির স্ফুটনাঙ্কও খুব উচ্চ হয়। অ্যাসিডগুলির আণবিক ওজনও সংকেত-ওজনের (formula weight) দ্বিগুণ হয়—এর থেকে ডাইমার গঠনের প্রমাণ মেলে।

> তুলনীয় আণবিক ওজনের অ্যালকেন, ইথার, কার্বনিল যৌগ, অ্যালকোহল ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্কের ক্রম হল :
>
> অ্যালকেন, ইথার < কার্বনিল যৌগ < অ্যালকোহল < কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
>
> কারণ : (1) অ্যালকেন অধ্রুবীয় ও ইথার খুব কম ধ্রুবীয়, কেউই আন্তঃ আণবিক H-বন্ধনী গঠন করতে পারে না।
>
> (2) কার্বনিল যৌগ ধ্রুবীয় কিন্তু আন্তঃ আণবিক H-বন্ধনী গঠন করতে পারে না।
>
> (3) অ্যালকোহল ধ্রুবীয় এবং আন্তঃ আণবিক H-বন্ধনী গঠন করে। বলয়াকার ডাইমার উৎপন্ন করতে পারে না।
>
> (4) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ধ্রুবীয় এবং আন্তঃ আণবিক H-বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে বৃত্তাকার ডাইমার উৎপন্ন করে। অ্যাসিডে O—H গ্রুপের ধ্রুবীয়তা অ্যালকোহলের O—H গ্রুপের ধ্রুবীয়তা থেকে বেশী, তাই অ্যাসিডের ক্ষেত্রে উৎপন্ন H-বন্ধনীও বেশী শক্তিশালী।

B. রাসায়নিক বিক্রিয়া : কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়া মুখ্যত কার্বক্সিলিক গ্রুপের $\left(-C\begin{matrix}\diagup O-H\\ \diagdown\!\!\diagdown O\end{matrix}\right)$ উপর নির্ভরশীল। কার্বক্সিল গ্রুপটি **কার্বনিল** (C = O) ও হাইড্রক্সিল (OH) এই গ্রুপদুটি মিলে গঠিত। সুতরাং মনে করা স্বাভাবিক যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের রাসায়নিক

বিক্রিয়া কার্বনিল ও হাইড্রক্সিল গ্রুপের স্বতন্ত্র বিক্রিয়াগুলির সমষ্টি। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে একই কার্বন পরমাণুর সঙ্গে কার্বনিল ও হাইড্রক্সিল দুটি গ্রুপই যুক্ত থাকায় এদের একেবারে স্বতন্ত্র চরিত্র আর বজায় থাকে না। পারস্পরিক প্রভাবে এদের রাসায়নিক ধর্মে পরিবর্তন ঘটে। যেমন, কার্বনিল গ্রুপ অক্সিম, হাইড্রাজোন, সেমিকার্বাজোন ইত্যাদি উৎপন্ন করে। কিন্তু কার্বক্সিলিক অ্যাসিড অক্সিম, হাইড্রাজোন, সেমিকার্বাজোন ইত্যাদি উৎপন্ন করতে পারে না। আবার অ্যালকোহলের OH-এর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেনের থেকে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের OH-এর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন অনেক বেশী আম্লিক। অ্যালকোহলে সোডিয়াম বাইকার্বনেট যোগ করলে CO_2 নির্গত হয় না, কিন্তু কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে সোডিয়াম বাইকার্বনেট যোগ করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। সুতরাং কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি হল পারস্পরিক প্রভাবে পরিবর্তিত কার্বনিল (C = O) ও হাইড্রক্সিল (OH) গ্রুপের বিক্রিয়া।

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াকে মুখ্যত পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায় ঃ



প্রকৃতপক্ষে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের প্রায় সব বিক্রিয়াই —OH গ্রুপের বিক্রিয়া—হয় H^+-এর অপসারণ নয়তো অন্য গ্রুপ দিয়ে OH-এর প্রতিস্থাপন।

(1) আয়নীয় হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া—লবণ গঠন ঃ আম্লিক ধর্ম ঃ (**Reactions of the ionizable hydrogen—formation of salt : acidic properties.**) ঃ

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি শক্তিশালী খনিজ অ্যাসিডগুলি থেকে অনেক মৃদু হলেও অতি মৃদু জৈব অ্যাসিড যেমন অ্যাসিটিলিন, অ্যালকোহল ইত্যাদি থেকে অনেক গুণ শক্তিশালী অ্যাসিড। অধঃস্তন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে ঃ

$$RCOOH \rightleftharpoons RCOO^- + H^+$$

[এইভাবে লেখা উচিত ঃ $RCOOH + H_2O \rightleftharpoons RCOO^- + H_3O^+$]

সুতরাং কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি পরা-তাড়িতিক ধাতু ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে।

(i) ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ শক্তিশালী পরা-তাড়িতিক ধাতুগুলি (electropositive metals) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন নির্গত করে এবং লবণ উৎপন্ন হয় ঃ

$$2RCOOH + 2Na \longrightarrow 2RCOO^-Na^+ + H_2$$

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুগুলি কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন নির্গত করতে পারে, কিন্তু ধাতুগুলি শক্তিশালী পরা-তাড়িৎধর্মী না

হলে বিক্রিয়া খুব শ্লথ গতিতে হয়। জিংকের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ধীর গতিতে ঘটে ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH} + Zn \longrightarrow \underset{\text{জিংক অ্যাসিটেট}}{(CH_3COO)_2Zn} + H_2$$

(ii) **ক্ষারকের সঙ্গে লবণ গঠন (Formation of salts with bases) ঃ** ক্ষারের সঙ্গে (যেমন, জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ইত্যাদি) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি প্রশমন বিক্রিয়া।

$$RCOOH + NaOH \longrightarrow RCOO^-Na^+ + H_2O$$

(উৎপন্ন লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়)।

উৎপন্ন লবণের সঙ্গে জলীয় খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে অ্যাসিডটি ফিরে পাওয়া যায় ঃ

$$RCOONa + HCl \longrightarrow RCOOH + NaCl$$

জলে অদ্রাব্য কার্বক্সিলিক অ্যাসিডও জলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে যায়।

ধাতব অক্সাইড বা কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়াতেও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি ধাতব লবণ গঠন করে ঃ

$$2RCOOH + HgO \longrightarrow (RCOO)_2Hg + H_2O$$
$$2RCOOH + CaCO_3 \longrightarrow (RCOO)_2Ca + H_2O + CO_2\uparrow$$

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির সঙ্গে জলীয় সোডিয়াম বাইকার্বনেটের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ উৎপন্ন হয় ঃ

$$RCOOH + NaHCO_3 \longrightarrow RCOONa + CO_2\uparrow + H_2O$$

এই বিক্রিয়াটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণের জন্য ব্যবহৃত হয় (**দ্রষ্টব্য ঃ** সালফোনিক অ্যাসিড, অর্থো বা প্যারা-নাইট্রোফেনল ইত্যাদি যৌগও জলীয় সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত করে — এদের অন্য পরীক্ষার দ্বারা পার্থক্য করা যায়)।

কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির জলীয় ক্ষার দ্রবণে দ্রাব্যতা ধর্মের সাহায্যে এদের অন্যান্য যৌগ যেমন, হাইড্রোকার্বন ইথার, কার্বনিল যৌগ ইত্যাদি থেকে পৃথক করা যায়।

প্রশ্ন ঃ 3G.4 নীচের কোন্ যৌগগুলি সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত করে ?
(i) CH_3CH_2OH, (ii) $HCOOH$, (iii) CH_3CHO, (iv) CH_3COCH_3 (v) CH_3COOH, (vi) $C_2H_5OC_2H_5$.

3G.5 কোন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোডিয়াম বাইকার্বনেটের বিক্রিয়াতে যে CO_2 নির্গত হয় এই CO_2 কোথা থেকে আসে—কার্বক্সিলিক গ্রুপ থেকে না $NaHCO_3$ থেকে ?

3G.6 কোন একটি প্রাইমারী অ্যালকোহলের জারণের দ্বারা অ্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হল। কিন্তু অ্যালডিহাইডের সঙ্গে কিছুটা কার্বক্সিলিক অ্যাসিডও (জারণের ফলে উৎপন্ন) এসে গেল। অ্যালডিহাইডটি জলে অদ্রাব্য হলে কিভাবে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডটি অ্যালডিহাইড থেকে দূর করবে ?

3G.7 C, H এবং O যুক্ত একটি যৌগ জলে অদ্রাব্য, কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রাব্য এবং জলীয় সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত করে। যৌগটির প্রকৃতি কি হতে পারে ?

3G.8 নীচের কোন যৌগগুলি ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে ?
(i) $C_2H_5OC_2H_5$, (ii) C_2H_5OH, (iii) CH_3CHO, (iv) CH_3COCH_3, (v) CH_3COOH.

(2) **হাইড্রক্সিল গ্রুপের প্রতিস্থাপন** (Replacement of hydroxyl group) : কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের OH গ্রুপ ক্লোরিন (Cl) কার্বো-অ্যালকক্সি (OR) বা অ্যামিনো (NH_2) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে অ্যাসিড ক্লোরাইড, এস্টার বা অ্যামাইড উৎপন্ন হয় :

$$R{-}C{\lower2pt\hbox{$\overset{\displaystyle //O}{\underset{\displaystyle \backslash OH}{}}$}} \longrightarrow R{-}C{\lower2pt\hbox{$\overset{\displaystyle //O}{\underset{\displaystyle \backslash Z}{}}$}}$$

$Z = Cl$ অ্যাসিড ক্লোরাইড
OR এস্টার
NH_2 অ্যামাইড

(i) **অ্যাসিড ক্লোরাইড গঠন :** কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড (PCl_3), ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড (PCl_5) বা থায়োনিল ক্লোরাইড ($SOCl_2$)-এর বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$3RCOOH + PCl_3 \longrightarrow 3RCOCl + H_3PO_3$$
$$RCOOH + PCl_5 \longrightarrow RCOCl + HCl + POCl_3$$
$$RCOOH + SOCl_2 \longrightarrow RCOCl + HCl + SO_2$$

অ্যাসিড ক্লোরাইড গঠনের মাধ্যমে কোন কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে তার পরবর্তী সমগণে পরিবর্তিত করা যায় :

(1)
$$RCOOH \xrightarrow{PCl_5} RCOCl \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{H_2/} RCHO$$
$$RCHO \xrightarrow{H_2/\text{অনুঘটক}} RCH_2OH$$
$$RCH_2CN \xleftarrow{KCN} 2RCH_2Br \xleftarrow[(\text{লাল } P/Br_2)]{PBr_3} RCH_2OH$$
$$RCH_2CN \xrightarrow{H_2O,\ H^{\oplus}} RCH_2COOH$$

(2)
$$RCOOH \xrightarrow{PCl_5} RCOCl \xrightarrow{KCN} RCOCN$$
$$RCOCN \xrightarrow{H_2O,\ H^+} RCOCOOH$$
$$RCH_2COOH \xleftarrow[(\text{ক্লেমেনসেন বিজারণ})]{Zn/Hg\text{-}HCl} RCOCOOH$$

(ii) **এস্টার গঠন :** কার্বক্সিলিক অ্যাসিড অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এস্টার গঠন করে। উপযুক্ত অনুঘটক যেমন, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়ার গতিকে ত্বরান্বিত করে :

$$RCOOH + R'OH \underset{}{\overset{\text{গাঢ় } H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} RCOOR' + H_2O$$

উপযুক্ত অনুঘটক যেমন গাঢ় H_2SO_4, শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ইত্যাদির উপস্থিতিতে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও অ্যালকোহল উত্তপ্ত করে এস্টার গঠনের বিক্রিয়াকে এস্টারিফিকেসন (Esterification) বিক্রিয়া বলে। বিক্রিয়াটি উভমুখী। বিপরীত বিক্রিয়াকে এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে। একই অনুঘটক অ্যাসিড (H^+) সম্মুখমুখী (এস্টারিফিকেসন) এবং বিপরীতমুখী (আর্দ্র-বিশ্লেষণ) উভয় বিক্রিয়াতেই অনুঘটক হিসাবে কাজ করে।

(iii) **অ্যাসিড অ্যামাইড গঠন :** কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অ্যামোনিয়াম লবণকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে জল অণু বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় এবং অ্যামাইড গঠিত হয় :

$$RCOOH + NH_4OH \longrightarrow RCOONH_4 + H_2O$$
$$RCOONH_4 \longrightarrow RCONH_2 + H_2O$$

অ্যাসিড ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়াতেও অ্যামাইড গঠিত হয় ঃ

$$RCOCl + NH_3 \longrightarrow RCONH_2 + HCl$$

(3) **কার্বনিল গ্রুপের বিক্রিয়া** (Reaction of Carbonyl group) ঃ

(i) $$R-C\begin{matrix}{\nearrow}O \\ \searrow OH\end{matrix} \xrightarrow[\text{উচ্চ চাপ}]{H_2/Ni} RCH_2OH$$

(ii) $$R-C\begin{matrix}{\nearrow}O \\ \searrow OH\end{matrix} \xrightarrow{LiAlH_4} RCH_2OH$$

(4) **কার্বক্সিল গ্রুপের অপসারণ** ঃ

(i) কার্বক্সিল অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ সোডা-লাইম সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটিতে কার্বক্সিল গ্রুপ H দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং বিক্রিয়াটি ডিকার্বক্সিলেসন নামে পরিচিত।

$$RCOONa + NaOH \xrightarrow{CaO} RH + Na_2CO_3$$

(ii) **কার্বক্সিল গ্রুপকে হ্যালোজেন দিয়ে প্রতিস্থাপন** ঃ অনার্দ্র কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মাধ্যমে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সিলভার লবণের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়া ঘটালে COOH গ্রুপ ব্রোমিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়—অ্যালকিল ব্রোমাইড গঠিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় ঃ

$$RCOO^-Ag^+ + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} RBr + CO_2 + AgBr$$

ব্রোমিনের স্থলে আয়োডিন ব্যবহার করলে অ্যালকিল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি **হুনসডিকার বিক্রিয়া** (Hunsdiecker reaction) নামে পরিচিত।

হুনসডিকার বিক্রিয়া ব্যবহার করে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে তার পূর্ববর্তী সমগণে পরিবর্তিত করা যায় ('step down' reaction)।

$$RCH_2COOH \longrightarrow RCH_2COOAg \xrightarrow{Br_2/CCl_4} RCH_2Br$$

$$RCH_2Br \xrightarrow{\text{জলীয় } KOH} RCH_2OH \xrightarrow[\text{(জারণ)}]{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4} RCOOH$$

(5) **অ্যালকিল গ্রুপে হ্যালোজেন প্রতিস্থাপন** ঃ হেল-ভলহার্ড-জেলিনস্কি বিক্রিয়া (Hell Volhard Zelinsky reaction) ঃ কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে অল্প পরিমাণ লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়া ঘটালে α-ক্লোরো বা α-ব্রোমো কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ঃ

$$RCH_2COOH \xrightarrow{\text{লাল } P/X_2} RCHXCOOH \qquad (X = Cl \text{ বা } Br)$$

ফরমিক অ্যাসিড, মিথানোয়িক অ্যাসিড, HCOOH

সম্পৃক্ত মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড এই সমগণীয় শ্রেণীর প্রথম সদস্য ফরমিক অ্যাসিড। লাল পিঁপড়ায় মুক্ত অবস্থায় ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, এইজন্যই লাল পিঁপড়ার কামড়ে জ্বালা করে। পিঁপড়ের ল্যাটিন নাম ফরমাইকাস (formicus) থেকে ফরমিক অ্যাসিড নামের উৎপত্তি হয়েছে।

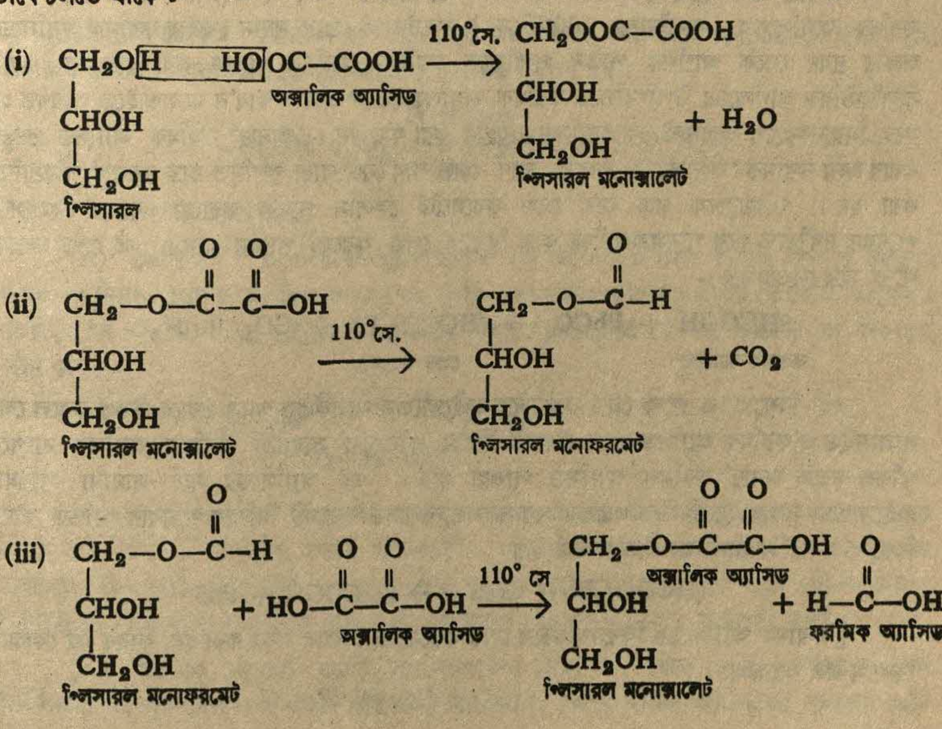
3G.4 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory proces): পরীক্ষাগারে অনার্দ্র গ্লিসারলের উপস্থিতিতে অক্সালিক অ্যাসিডকে 100—110°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। শুধুমাত্র অক্সালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে সামান্য পরিমাণে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়:

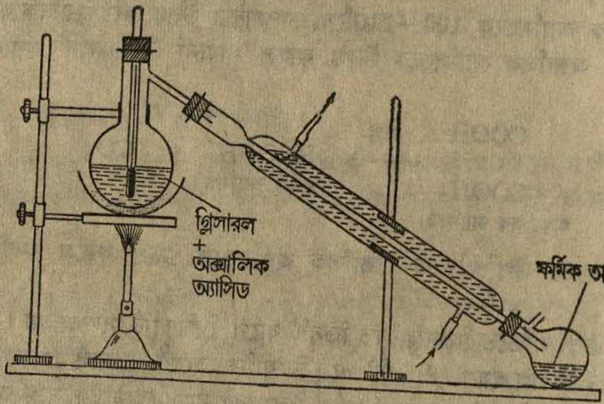
$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array}} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH} + CO_2$$

কিন্তু গ্লিসারলের উপস্থিতিতে অক্সালিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে ফরমিক অ্যাসিডের উৎপাদন বাড়ে।

গ্লিসারলের উপস্থিতিতে নিম্নলিখিত তিনটি ধাপে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। (1) প্রথমে গ্লিসারল মনোক্সালেট উৎপন্ন হয়। (2) এটি পরে বিয়োজিত হয়ে গ্লিসারল মনোফরমেট ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। (3) পরবর্তী ধাপে গ্লিসারল মনোফরমেটের সঙ্গে আরও এক অণু অক্সালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড ও গ্লিসারল মনোক্সালেট উৎপন্ন হয়। এই মনোক্সালেট আবার মনোফরমেটে পরিণত হয় এবং অক্সালিক অ্যাসিড মেশালে বিক্রিয়াটি অনুরূপ ভাবে চলতে থাকে:



পদ্ধতি ঃ একটি গোলতল বিশিষ্ট পাতন ফ্লাস্কে অনার্দ্র গ্লিসারল ও অক্সালিক অ্যাসিড চূর্ণ নেওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে থার্মোমিটার যুক্ত করা হয়। থার্মোমিটারের পারদ কুন্ডটি গ্লিসারল ও অক্সালিক অ্যাসিডের মিশ্রণে ডোবানো থাকে। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনলের সঙ্গে একটি লিবিগ শীতক যুক্ত করা হয় এবং শীতকের অপর প্রান্তে একটি গ্রাহকপাত্র রাখা হয়। পাতন ফ্লাস্কটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। তাপমাত্রা 100—110°সে. এ রাখা হয়। বিক্রিয়ার তীব্রতা কমলে পুনরায় কিছু পরিমাণ অক্সালিক অ্যাসিড যোগ করে একই প্রক্রিয়া চালান হয়। উৎপন্ন ফরমিক অ্যাসিড গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয় চিত্র (3G.1)। এই ফরমিক অ্যাসিড জল মিশ্রিত।



চিত্র 3G.1 ঃ ফর্মিক অ্যাসিড প্রস্তুতি।

অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ জল (স্ফুটনাংক 100°সে.) এবং ফরমিক অ্যাসিডের (স্ফুটনাংক 100·5°সে.) স্ফুটনাংক প্রায় সমান হওয়ায় ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ থেকে আংশিক পাতন পদ্ধতিতে ফরমিক অ্যাসিড পৃথক করা যায় না। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফরমিক অ্যাসিড ভেঙ্গে জল ও কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় ফলে নিরুদকরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায় না। অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করার জন্য ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ লেড কার্বনেট দ্বারা প্রশমিত করে দ্রবণকে পরিস্রাবিত করা হয়। পরিস্রুতকে গাঢ় করে লেড ফরমেটের কেলাস পৃথক করা হয় এবং এই কেলাসকে পুনরায় দ্রবীভূত করে পুনঃকেলাসিত করে বিশুদ্ধ লেড ফরমেট পাওয়া যায়। এই লেড ফরমেট শুষ্ক করে নেওয়া হয়।

$$\underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{2HCOOH} + PbCO_3 = \underset{\text{লেড ফরমেট}}{(HCOO)_2Pb} + CO_2 + H_2O$$

এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক লেড ফরমেটকে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করলে লেড সালফাইড ও ফরমিক অ্যাসিড বাষ্প উৎপন্ন হয়। শীতকের সাহায্যে ফরমিক অ্যাসিড বাষ্পকে শীতল করলে অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিডের সঙ্গে সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড মিশ্রিত থাকে। এর সঙ্গে শুষ্ক লেড ফরমেট মিশিয়ে পুনরায় পাতিত করলে বিশুদ্ধ অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$(HCOO)_2Pb + H_2S \longrightarrow 2HCOOH + PbS$$

[ফরমিক অ্যাসিডের বিশুদ্ধিকরণে লেড ফরমেটের কেলাস গঠন করা হয়, কারণ এই কেলাসে কেলাস-জল থাকে না।]

প্রশ্ন ঃ 3G.9 ফরমিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে কি কি বিক্রিয়ক প্রয়োজন ?

3G.10 অক্সালিক অ্যাসিড ও গ্লিসারলের মিশ্রণ উত্তপ্ত করে পাতিত করলে ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় কেন ?

3G.11 ফরমিক 'অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের আংশিক পাতন করে ফরমিক অ্যাসিড জলমুক্ত করা যায় না কেন ?

3G.12 ফরমিক অ্যাসিডকে জলমুক্ত করতে (i) গাঢ় H_2SO_4, (ii) অনার্দ্র K_2CO_3, (iii) কঠিন KOH, (iv) CaO ব্যবহার করা যায় কি ?

3G.13 সামান্য জলযুক্ত ফরমিক অ্যাসিড থেকে বিশুদ্ধ অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করবে ?

3G.14 ফরমিক অ্যাসিডকে জলমুক্ত করতে ফরমিক অ্যাসিডের লবণ হিসাবে লেড ফরমেটের কেলাস প্রস্তুত করা হয় কেন ?

(2) **শিল্প পদ্ধতি (Industrial process) ঃ** 210°সে. তাপমাত্রায়, 6—10 বায়ুমণ্ডলের চাপে কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়। একে শীতল ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে পাতিত করলে ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$CO + NaOH \xrightarrow[\text{6—10 বায়ুমণ্ডলের চাপ}]{210^\circ\text{সে.}} \underset{\text{সোডিয়াম ফরমেট}}{HCOONa}$$

$$2HCOONa + H_2SO_4 = 2HCOOH + Na_2SO_4$$

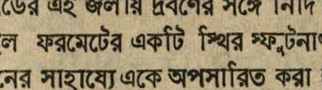
ফরমিক অ্যাসিডের এই জলীয় দ্রবণের সঙ্গে নির্দিষ্ট পরিমাণে বিউটাইল ফরমেট যোগ করলে জলের সঙ্গে বিউটাইল ফরমেটের একটি স্থির স্ফুটনাঙ্কী মিশ্রণ (Azeotropic mixture) উৎপন্ন হয়। আংশিক পাতনের সাহায্যে একে অপসারিত করা হয়। এর পর পুনঃ পাতনের দ্বারা অনার্দ্র ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

মিথানল থেকে ঃ মিথানল বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে মিথানল জারিত হয়ে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3OH + O_2 \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{Pt অনুঘটক}} HCOOH + H_2O$$

3G.5 ধর্ম (Properties)

(A) **ভৌত ধর্ম (Physical properties) ঃ** (i) ফরমিক অ্যাসিড ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল, স্ফুটনাঙ্ক 100·5°সে. হিমাঙ্ক 8·4°সে. (ii) জল, অ্যালকোহল ও ইথার যে কোন অনুপাতে দ্রবীভূত হয়। (iii) ইহা হাইড্রোজেন বন্ধনীর সাহায্যে সংগুণিত হয় এবং ডাইমার বা দ্বি-অণু গঠন করে ঃ



ফরমিক অ্যাসিডে O—H গ্রুপের ধ্রুবীয়তা অ্যালকোহলের O—H গ্রুপের ধ্রুবীয়তা থেকে বেশী, তাই উৎপন্ন H বন্ধনীও বেশী শক্তিশালী। তাছাড়া ফরমিক অ্যাসিড C = O গ্রুপের মাধ্যমেও H-বন্ধনী গঠন করতে পারে। তাই ফরমিক অ্যাসিডের (আণবিক ওজন 46) স্ফুটনাঙ্ক (100·5°সে.) ইথানলের (আণবিক ওজন 46) স্ফুটনাঙ্ক (78·4°সে.) থেকে অনেকটা বেশী।

(iv) ফরমিক অ্যাসিড ফ্যাটি অ্যাসিডগুলির মধ্যে সব থেকে তীব্র অ্যাসিড। জৈব অ্যাসিডগুলির তুলনায়ও এটি একটি শক্তিশালী অ্যাসিড। কিন্তু খনিজ অ্যাসিডের তুলনায় এটি

মৃদু অ্যাসিড। জলীয় দ্রবণে ফরমেট ও হাইড্রোজেন আয়নে (হাইড্রোনিয়াম আয়ন হিসাবে থাকে) বিয়োজিত হয়ঃ

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে।

(v) ফরমিক অ্যাসিড বিষাক্ত ও ক্ষয়কারী পদার্থ। চামড়ায় পড়লে যন্ত্রণাদায়ী ক্ষতের সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন : 3G.15 ফরমিক অ্যাসিডের বলয়াকার ডাইমারের গঠন লেখ।

3G.16 ফরমিক অ্যাসিড ও ইথানলের আণবিক ওজন একই (46) হওয়া সত্ত্বেও ফরমিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক (100·5° সে.) ইথানলের স্ফুটনাঙ্ক (78·4° সে.) থেকে অনেকটা বেশী কেন?

3G.17 কিভাবে দেখাবে ফরমিক অ্যাসিড ইথানল বা অ্যাসিটিলিন থেকে শক্তিশালী অ্যাসিড?

3G.18 নীচের পদার্থগুলি হাতের চামড়ায় পড়লে কি হয়?

(i) ইথানল, (ii) অ্যাসিটোন, (iii) ফরমিক অ্যাসিড।

(B) রাসায়নিক বিক্রিয়া :

(1) **আম্লিক ধর্ম** : আগেই বলা হয়েছে ফরমিক অ্যাসিড একটি মৃদু একক্ষারকীয় অ্যাসিড। সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন নির্গত করেঃ

$$2HCOOH + 2Na \longrightarrow 2HCOONa + H_2$$

ধাতব অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে প্রশমন বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড লবণ ও জল উৎপন্ন করেঃ

$$2HCOOH + CaO \longrightarrow (HCOO)_2Ca + H_2O$$
$$HCOOH + NaOH \longrightarrow HCOONa + H_2O$$
$$HCOOH + NH_4OH \longrightarrow HCOONH_4 + H_2O$$

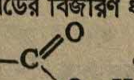
ধাতব বাইকার্বনেট ও কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করেঃ

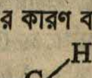
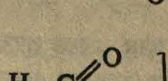
$$HCOOH + NaHCO_3 \longrightarrow HCOONa + CO_2\uparrow + H_2O$$
$$2HCOOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2HCOONa + CO_2\uparrow + H_2O$$

(2) অনুঘটক রূপে সামান্য পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফরমিক অ্যাসিড অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমেট এস্টার গঠন করে। (বেশী H_2SO_4 ব্যবহৃত হলে ফরমিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে যায়)।

$$HCOOH + ROH \xrightarrow{H^+} HCOOR + H_2O$$

মিথানল ($R = CH_3$) মিথাইল ফরমেট ও ইথানল ইথাইল ফরমেট গঠন করে।

(3) **বিজারণ ধর্ম** : ফ্যাটি অ্যাসিড শ্রেণীর প্রথম সদস্য হওয়ায় ফরমিক অ্যাসিড অনেক ধর্মে অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের থেকে পৃথক। অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম নাই, কিন্তু **ফরমিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী বিজারক।** ফরমিক অ্যাসিডে  গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন এই বিজারণ ধর্মের কারণ বলে মনে করা হয়।

[তুলনীয়  এবং ]

অ্যালডিহাইড (বিজারণ ধর্ম আছে) ফরমিক অ্যাসিড (বিজারণ ধর্ম আছে)

অর্থাৎ, ফরমিক অ্যাসিডে সহজে জারণশীল অ্যালডিহাইডীয় (aldehydic) গ্রুপ (HO—CH = O) গ্রুপ থাকায় এটি বিজারণ ধর্ম দেখায় :

$$H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{[O]} \left[HO-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH\right] \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

(i) ফরমিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বা টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে রূপালী আয়না উৎপন্ন করে :

$$HCOOH + Ag_2O \longrightarrow \underset{\text{রূপালী আয়না}}{2Ag\downarrow} + H_2O + CO_2\uparrow$$

(ii) ফরমিক অ্যাসিড মারকিউরিক ক্লোরাইডকে মারকিউরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে। মারকিউরাস ক্লোরাইড সাদা কঠিন রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$HCOOH + 2HgCl_2 \longrightarrow \underset{\text{(সাদা অধঃক্ষেপ)}}{Hg_2Cl_2\downarrow} + 2HCl + CO_2$$

(iii) ফরমিক অ্যাসিড ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে :

$$HCOOH + 2CuO \longrightarrow \underset{\text{(লাল অধঃক্ষেপ)}}{Cu_2O\downarrow} + H_2O + CO_2$$

(iv) ফরমিক অ্যাসিড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করে বর্ণহীন করে দেয় :

$$HCOOH + [O] \longrightarrow H_2O + CO_2$$

(4) **নিরুদন :** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ 100°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে ফরমিক অ্যাসিড নিরুদিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড নির্গত করে। পরীক্ষানলে বিক্রিয়াটি ঘটিয়ে পরীক্ষানলের মুখে কার্বন মনোক্সাইড জ্বালালে এটি নীল শিখায় জ্বলে। এই পরীক্ষার সাহায্যে ফরমিক অ্যাসিড সনাক্ত করা যায়।

$$HCOOH + H_2SO_4 \longrightarrow CO\uparrow + [H_2O + H_2SO_4]$$

অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে না (পার্থক্য)।

(5) **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় ফসফরিল ক্লোরাইড :

$$HCOOH + PCl_5 \longrightarrow CO\uparrow + POCl_3 + 2HCl\uparrow$$

অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে এই বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ক্লোরাইড (RCOCl) উৎপন্ন হয়। কিন্তু ফরমাইল ক্লোরাইড (formyl chloride, HCOCl) সাধারণ উষ্ণতায় অত্যন্ত দুঃস্থিত, তাই এটি উৎপন্ন হয় না।

(6) **স্থায়িত্ব :** ফরমিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিড বা অন্য কোন ফ্যাটি অ্যাসিড থেকে কম স্থায়িত্ব সম্পন্ন এবং 150°সে. উষ্ণতার ঊর্ধ্বে বিয়োজিত হয়ে যায় (অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে পার্থক্য) :

$$HCOOH \longrightarrow CO_2 + H_2$$

(7) (i) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ফরমেটকে 360°সে. তাপমাত্রায় দ্রুত উত্তপ্ত করলে

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অক্সালেট উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন নির্গত হয় (অক্সালিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন এইভাবে করা হয়) ঃ

$$NaOOC\boxed{H + H}COONa \xrightarrow{360^\circ সে.} \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + H_2$$

সোডিয়াম অক্সালেট

(ii) অ্যামোনিয়াম ফরমেটকে উত্তপ্ত করলে ফরম্যামাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$HCOOH + NH_3 \longrightarrow HCOONH_4$$

অ্যামোনিয়াম ফরমেট

$$HCOONH_4 \xrightarrow{তাপ} HCONH_2 + H_2O$$

ফরম্যামাইড

ব্যবহার ঃ (i) চর্ম শিল্পে, রবার শিল্পে এবং পশম ও তুলার রঞ্জন শিল্পে ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (ii) বীজবারক হিসাবে এবং ফলের সংরক্ষণে ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

(iii) কয়েকটি ফরমেট লবণের বিশেষ ব্যবহার আছে। যেমন, অক্সালিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে সোডিয়াম ফরমেট এবং অনুঘটকরূপে (বনস্পতি শিল্পে) নিকেল ফরমেট ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ (i) জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে।

(ii) একটি পরীক্ষানলে ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে একটি গ্যাস (কার্বন মনোক্সাইড) নির্গত হয়। পরীক্ষানলের মুখে আগুন ধরালে গ্যাসটি উজ্জ্বল নীল শিখায় জ্বলে।

(iii) ফরমিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে ধূসর বা কালো বর্ণের সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে (পরীক্ষাটি ঠিকমত করলে রূপালী আয়না উৎপন্ন হয়)।

(iv) মারকিউরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করে সাদা মারকিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। (শেষ দুটি পরীক্ষায় ফরমেট লবণ নিলে ভাল হয়। ফরমিক অ্যাসিডকে $NaHCO_3$ বা Na_2CO_3 দ্বারা প্রশমিত করে নেওয়া যায়।)

প্রশ্ন ঃ 3G.19 উদাহরণ দাও ঃ

(i) ফরমিক অ্যাসিডের আম্লিক ধর্ম ; (ii) ফরমিক অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম।

3G.20 কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ?

(i) ফরমিক অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম আছে।

(ii) PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড ফরমাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে না।

3G.21 অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের থেকে পৃথক ফরমিক অ্যাসিডের এমন দুটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

3G.22 নীচের পদার্থগুলিকে উত্তপ্ত করলে কি ঘটে ?

(i) সোডিয়াম ফরমেট, (ii) অ্যামোনিয়াম ফরমেট।

3G.23 একটি পরীক্ষানলে ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে পরীক্ষানলটিকে উত্তপ্ত করা হল এবং পরীক্ষানলের মুখে একটি জ্বলন্ত কাঠি ধরা হল। তুমি কি দেখবে ? কেন ?

3G.24 কিভাবে ফরমিক ও অক্সালিক অ্যাসিডকে পরস্পরে পরিবর্তিত করবে ? শুধু শর্তসহ সমীকরণ দাও।

অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথানোয়িক অ্যাসিড
CH_3COOH

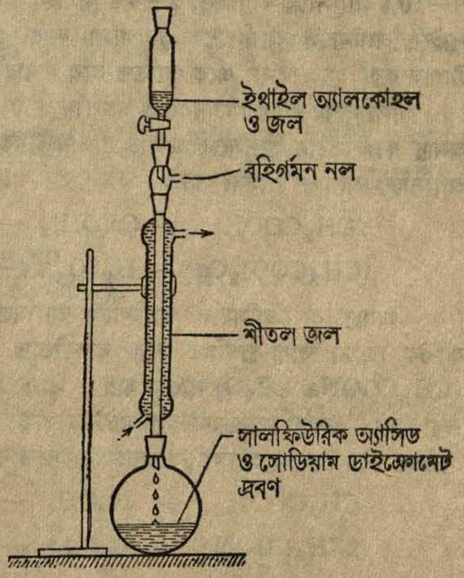
বহু প্রাচীন কাল থেকেই অ্যাসিটিক অ্যাসিড ভিনিগার নামে পরিচিত। কিছু কিছু ফলের রসে, টক স্বাদের মদে অ্যাসিটিক অ্যাসিড থাকে। কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে প্রাপ্ত পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে প্রায় 10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

3G.6 প্রস্তুতি (Preparation)

(A) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি :** (1) 3G.2 চিত্রে দেখানো যন্ত্রসজ্জা ব্যবহার করে ইথাইল অ্যালকোহলকে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও মাঝারি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় :

$$CH_3\,CH_2OH + 2\,[O] \longrightarrow CH_3\,COOH + H_2O$$

গোলতল ফ্লাস্কে সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের জলীয় দ্রবণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেলে ইথাইল অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয়। শীতকের মধ্য দিয়ে শীতল জল চালনা করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণ ফোটানো হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ধীরে ধীরে ইথাইল অ্যালকোহল যোগ করা হয় এবং মিশ্রণকে রিফ্লাক্স করা হয়। এইভাবে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হওয়া পর্যন্ত রিফ্লাক্স করা হয়। এরপর শীতকের স্থান পরিবর্তন করিয়ে শীতকটিকে পাতন করার জন্য উপযুক্ত স্থানে লাগিয়ে মিশ্রণকে পাতিত করা হয় এবং গ্রাহক পাত্রে অ্যাসিটিক অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয়। এই অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জল, অ্যাসিট্যালডিহাইড, ইথার, সালফিউরাস অ্যাসিড অশুদ্ধি হিসাবে থেকে যায়। এর মধ্যে অতিরিক্ত কপার কার্বনেট যোগ করলে কিউপ্রিক অ্যাসিটেটের কেলাস গঠিত হয়। কিউপ্রিক অ্যাসিটেটকে ছেঁকে নিয়ে পুনঃ কেলাসিত করা হয়। এই কিউপ্রিক অ্যাসিটেটকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করে কেলাস-জল দূর করা হয় এবং তারপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ পাতিত করে বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 3G.2 : অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুতি।

[এই পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহলকে খুব অতিরিক্ত পরিমাণ জারক দ্রব্যের মধ্যে ধীরে ধীরে যোগ করে এবং মিশ্রণকে রিফ্লাক্স করে বিক্রিয়কগুলিকে অনেকক্ষণ ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে আনা হয়। এর ফলে ইথাইল অ্যালকোহল সম্পূর্ণ জারণের ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। একই বিক্রিয়ক থেকে পরীক্ষাগত অবস্থার পরিবর্তন ঘটিয়ে কিভাবে অভিপ্রেত বিক্রিয়াজাতকে মুখ্য বিক্রিয়াজাত হিসাবে পাওয়া যায় এই প্রস্তুতি তারই একটি উজ্জ্বল দৃষ্টান্ত (পরীক্ষাগত অবস্থার পরিবর্তন ঘটিয়ে একই বিক্রিয়ক থেকে অ্যাসিটালডিহাইডও প্রস্তুত করা যায়। অ্যাসিট্যালডিহাইডের প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য।]

(2) **অ্যাসিট্যালডিহাইডকে সোডিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করেও অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।**

(3) **মিথাইল সায়ানাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ দ্বারা ঃ** মিথাইল সায়ানাইডকে অ্যাসিড (যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড) সহযোগে ফোটালে মিথাইল সায়ানাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ

$$CH_3CN + HCl + 2H_2O \longrightarrow CH_3\,COOH + NH_4Cl$$

(4) **কোন অ্যাসিটেট এস্টারকে** ক্ষার দ্রবণ দ্বারা ফুটিয়ে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করে এবং উৎপন্ন পদার্থকে অম্লায়িত করেও অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। যেমন, ইথাইল অ্যাসিটেটকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ রিফ্লাক্স করার পর উৎপন্ন পদার্থকে অম্লায়িত করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ঃ

$$CH_3COO\,C_2H_5 + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$$

$$CH_3COONa + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3COOH + NaHSO_4$$

(B) শিল্পপদ্ধতি ঃ শিল্প পদ্ধতিতে সাধারণত (1) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে (2) ইথানলের সন্ধান-পদ্ধতিতে (3) অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

(1) **পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে** (From Pyroligneous acid) কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে প্রাপ্ত আম্লিক জলীয় দ্রবণকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে, এতে 8—10% অ্যাসিটিক অ্যাসিড, 2—4% মিথাইল অ্যালকোহল এবং 0·1—0·5% অ্যাসিটোন থাকে। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডকে চুনগোলা দ্বারা প্রশমিত করে অনুদ্বায়ী ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন করা হয়। এখন একে পাতিত করে উদ্বায়ী মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন পৃথক করা হয়। ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটে পরিণত করা হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ পাতিত করলে 40—50% শক্তিমাত্রার অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ঃ

$$2CH_3COOH + Ca(OH)_2 \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca + 2H_2O$$

$$(CH_3COO)_2Ca + H_2SO_4 \longrightarrow 2CH_3COOH + CaSO_4$$

অনার্দ্র বা গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য এই অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণকে কস্টিক সোডা দ্বারা প্রশমিত করে বাষ্পীভূত করলে সোদক সোডিয়াম অ্যাসিটেট কেলাস ($CH_3COONa, 3H_2O$) পাওয়া যায়। একে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়। অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ 118° সে. তাপমাত্রায় পাতিত করে বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

$$2CH_3COONa + H_2SO_4 \longrightarrow 2CH_3COOH + Na_2SO_4$$

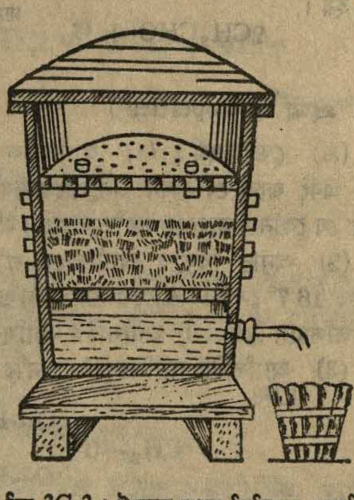
এই বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে 16·7° সে. তাপমাত্রায় শীতল করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড বরফের ন্যায় স্ফটিকাকারে জমে যায়, এই স্ফটিকগুলি অপরিবর্তিত তরল থেকে পৃথক করা যায়। এই বিশুদ্ধ অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড বলে।

(2) **ইথানলের সন্ধান পদ্ধতিতে (কুইক ভিনিগার পদ্ধতি) ঃ Fermentation of ethanol (quick vinegar process) ঃ** অ্যাসিটিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণকে (4—10%) ভিনিগার বলা হয়। ইথানলের লঘু জলীয় দ্রবণকে (8—10%) অ্যাসিটোব্যাক্টর অ্যাসিটি (acetobactor aceti) নামক জীবাণুর উপস্থিতিতে বায়ুর দ্বারা জারিত করে ভিনিগার প্রস্তুত করা হয়।

একটি কাঠের পিপার মধ্যে উপরে এবং নীচের দিকে সছিদ্র কাঠের দুটি তাক যুক্ত করা হয়। তাক দুটির মাঝে ভিনিগারে ভেজানো বিচ কাঠের চোকলা ভর্তি করা হয়। এই ভিনিগারে

অ্যাসিটো-ব্যাকটর অ্যাসিটি থাকে। উপরের তাক থেকে কাঠের চোকলার মধ্য দিয়ে নিম্নমানের লঘু ইথানল ধীরে ধীরে ফেলা হয় এবং চোকলাগুলির নীচের তাক দিয়ে নিয়ন্ত্রিত পরিমাণে বায়ু চালনা করা হয়। ইথানল অ্যাসিটো-ব্যাকটরের সংস্পর্শে এসে বায়ুদ্বারা জারিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নীচের পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই বিক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হয়, এই বিক্রিয়ায় 35° সে. তাপমাত্রা উপযুক্ত এবং তাপমাত্রা এই উষ্ণতায় নিয়ন্ত্রিত করা হয়। অ্যালকোহল আংশিক জারিত হয়। এই আংশিক জারিত অ্যালকোহলকে আবার উপর থেকে ঢালা হয় ফলে অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব 6—8% হয়, ইহাই ভিনিগার (চিত্র 3G.3 দ্রষ্টব্য)। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব 10%-এর বেশী হলে ব্যাকটেরিয়া নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়।

ভিনিগারকে পাতিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

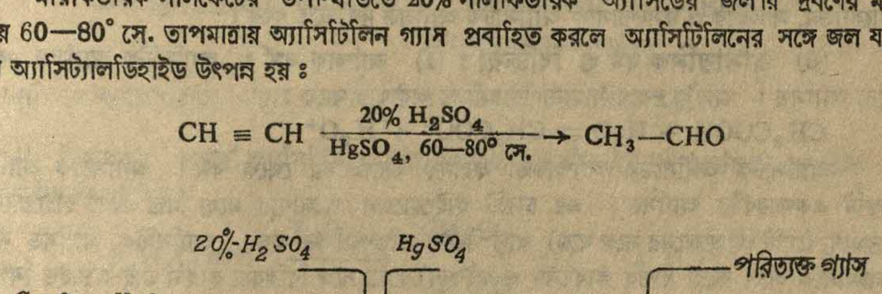


চিত্র 3G.3 : ইথানল থেকে ভিনিগার প্রস্তুতি।

(3) অ্যাসিটিলিন থেকে (From acetylene) : বর্তমানে এই পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।

মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে 60—80° সে. তাপমাত্রায় অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রবাহিত করলে অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে জল যুক্ত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH \equiv CH \xrightarrow[HgSO_4,\ 60-80^\circ \text{ সে.}]{20\%\ H_2SO_4} CH_3-CHO$$



চিত্র 3G.4 : অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপাদন।

উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইডকে ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ু দ্বারা জারিত করে অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। অ্যালুমিনিয়ামের আস্তরণ যুক্ত লোহার পাত্রে

ম্যাঙ্গানাস সালফেট ও অ্যাসিট্যালডিহাইডের মিশ্রণ নিয়ে বায়ু-প্রবাহিত করা হয় এবং 60° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 3G.4 দ্রষ্টব্য)। অ্যাসিট্যালডিহাইড দ্রুত অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

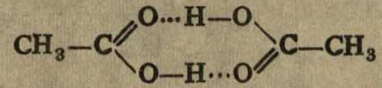
$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow[60^\circ\text{সে.}]{\text{ম্যাঙ্গানাস অ্যাসিটেট}} 2CH_3COOH$$

3G.7 ধর্ম (Properties)

(A) **ভৌতধর্ম :** (1) অ্যাসিটিক অ্যাসিড অত্যন্ত ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল পদার্থ এবং জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবীভূত হয়। অ্যালকোহল ও ইথারেও অ্যাসিটিক অ্যাসিড যে কোন অনুপাতে দ্রবীভূত হয়।

(2) অনার্দ্র বিশুদ্ধ অ্যাসিডকে শীতল করলে এটি বরফের মত কেলাস উৎপন্ন করে (গলনাঙ্ক 16·7° সে.)। শীতের দেশে ঠান্ডা দিনে অ্যাসিটিক অ্যাসিড বরফের মত জমে যায় বলে একে **গ্লেসিয়াল (glacial) অ্যাসিটিক অ্যাসিড** বলে।

(3) অ্যাসিটিক অ্যাসিড H-বন্ধনীর মাধ্যমে সংগুণিত থাকে এবং ডাইমার উৎপন্ন করে :



অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ডাইমার

তাই অ্যাসিটিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ। সম আণবিক ওজনের (আণবিক ওজন 60) 1-প্রপানল (স্ফুটনাঙ্ক 97°সে.) থেকে এর স্ফুটনাঙ্ক অনেকটা বেশী।

(4) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের উত্তম দ্রাবক গুণ আছে। বিভিন্ন ধরনের জৈব যৌগ এবং আয়োডিন, সালফার ও ফসফরাসকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবীভূত করে।

(B) **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া :** (1) **আম্লিক ধর্ম :** অ্যাসিটিক অ্যাসিড একটি মৃদু অ্যাসিড। জলীয় দ্রবণে সামান্য বিয়োজিত অবস্থায় থাকে :

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আম্লিকতা ফরমিক অ্যাসিডের থেকে কম। অ্যাসিটিক অ্যাসিড একটি একক্ষারকীয় অ্যাসিড। এর চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে মাত্র একটি হাইড্রোজেন পরমাণু (যেটি অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত) ধাতু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল করে, ধাতব কার্বনেট ও বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে, পরাতাড়িতিক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং ক্ষারক দ্বারা প্রশমিত হয়ে অ্যাসিটেট লবণ গঠন করে।

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \longrightarrow CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O$$
$$2CH_3COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O$$
$$2CH_3COOH + CuCO_3 \longrightarrow (CH_3COO)_2Cu + CO_2\uparrow + H_2O$$
$$2CH_3COOH + Pb \longrightarrow (CH_3COO)_2Pb + H_2\uparrow$$
$$2CH_3COOH + CaO \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca + H_2O$$
$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

(2) **এস্টারিফিকেসন :** গাঢ় H_2SO_4 বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহলসহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটেট এস্টার গঠন করে। এটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \overset{\text{গাঢ় } H_2SO_4}{\rightleftharpoons} \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

(3) **হ্যালোজেনেশন :** (i) অনার্দ্র অ্যাসিটিক অ্যাসিড শীতল অবস্থায় ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে প্রবল ভাবে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড (উদ্বায়ী তরল), ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$CH_3COOH + PCl_5 \longrightarrow CH_3COCl + POCl_3 + HCl\uparrow$$

ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড এবং থায়োনিল ক্লোরাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$3CH_3\,COOH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3COCl + H_3PO_3$$

$$CH_3COOH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3COCl + SO_2 + HCl$$

(ii) ফুটন্ত অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে বিশেষত সূর্যালোক বা আয়োডিন বা লাল ফসফরাস অনুঘটকের উপস্থিতিতে ক্লোরিন গ্যাস বুদবুদ আকারে চালনা করলে মিথাইল গ্রুপের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়ে মনোক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$CH_3COOH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{মনোক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_2Cl\,COOH} + HCl$$

ক্লোরিনেসন বিক্রিয়াটি অধিকক্ষণ ধরে চালালে ডাই এবং ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$CH_2ClCOOH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ডাইক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CHCl_2COOH} + HCl$$

$$CHCl_2COOH + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CCl_3COOH} + HCl$$

ব্রোমিনও অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে। যদিও বিক্রিয়াটি ধীর গতিতে ঘটে।

(4) **নিরুদন :** অনার্দ্র অ্যাসিটিক অ্যাসিড ফসফরাস পেন্টাক্সাইড সহ ফোটালে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয় :

$$2CH_3COOH \xrightarrow{P_2O_5} \begin{matrix} CH_3CO \\ CH_3CO \end{matrix}\!\!>O + H_2O$$

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড

(5) **বিজারণ :** অ্যাসিটিক অ্যাসিড সহজে বিজারিত হয় না এবং সাধারণ বিজারক দ্রব্যগুলি অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিজারণ ঘটাতে পারে না। লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে ইথানলে বিজারিত করে দেয়। অ্যাসিড এবং লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডকে পৃথক ভাবে শুষ্ক ইথারে দ্রবীভূত করা হয় এবং দ্রবণ দুটি মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। কিছুক্ষণ বাদে জল যোগ করা হয় :

$$CH_3COOH \xrightarrow[(2)\ H_2O]{(1)\ LiAlH_4} CH_3CH_2OH$$

(6) **স্থায়িত্ব :** অ্যাসিটিক অ্যাসিড খুব স্থায়িত্ব সম্পন্ন যৌগ, তাপ দ্বারা সহজে বিযোজিত হয় না। খুব শক্তিশালী জারকদ্রব্য যেমন, ক্রোমিক অ্যাসিড বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ অথবা শক্তিশালী নিরুদক যেমন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে আক্রান্ত করতে পারে না (ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে পার্থক্য)।

(7) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের লবণ : অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অনেকগুলি লবণ গুরুত্বপূর্ণ। তাপের প্রভাবে বা অন্য কোন বিকারকসহ উত্তপ্ত করলে এই লবণগুলি থেকে প্রয়োজনীয় জৈব যৌগ প্রস্তুত করা যায়। এই বিক্রিয়াগুলি তোমরা আগে পড়েছ, এখানে আর একবার উল্লেখ করা হল :

(i) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে শুষ্ক অবস্থায় উত্তপ্ত করলে (তাপ বিয়োজন) অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

(ii) অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটকে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONH_4} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} + H_2O$$

(iii) শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের সঙ্গে শুষ্ক ক্যালসিয়াম ফরমেট মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

(iv) শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেটকে সোডালাইম সহ উত্তপ্ত করলে মিথেন উৎপন্ন হয়।

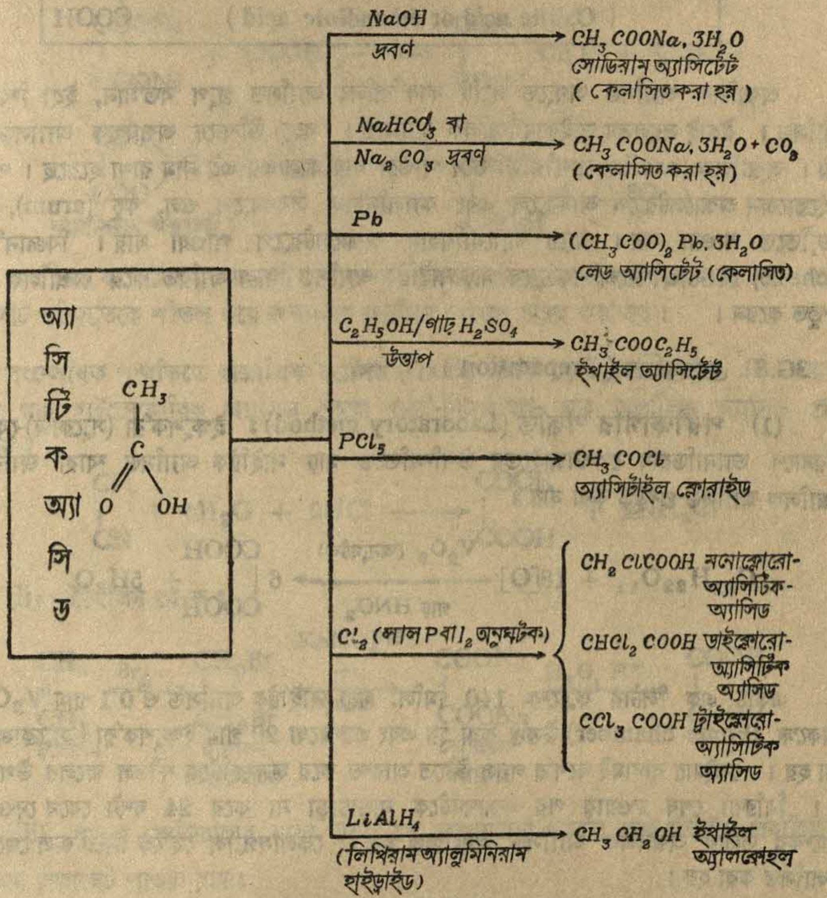
সোডিয়াম অ্যাসিটেট অনেক জৈব বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। কার্বনিল যৌগের অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রাজোন, সেমিকার্বাজোন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের ব্যবহার আগেই উল্লেখ করা হয়েছে (পৃঃ 223)।

পরিচায়ক পরীক্ষা (i) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের প্রশম দ্রবণে ($NaHCO_3$ বা Na_2CO_3 যোগ করে দ্রবণকে প্রশম দ্রবণে পরিণত করা হয়) প্রশম ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের কয়েক ফোঁটা যোগ করলে লাল রং-এর দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে ফোটালে বাদামী অধঃক্ষেপ পড়ে। (ii) একটি শুষ্ক পরীক্ষানলে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথানল কয়েক ফোঁটা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করে মিশ্রণকে জলে (বা সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে) ঢাললে ইথাইল অ্যাসিটেটের মিষ্টি গন্ধ পাওয়া যায়। (iii) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে $NaHCO_3$ বা Na_2CO_3 দিয়ে প্রশমিত করে উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পায়িত করে শুষ্ক করা হয়। উৎপন্ন শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেটকে আরসেনিয়াস অক্সাইড সহ উত্তপ্ত করলে ক্যাকোডিল অক্সাইডের দুর্গন্ধ পাওয়া যায় :

$$4CH_3COONa + As_2O_3 \longrightarrow \underset{\text{ক্যাকোডিল অক্সাইড}}{(H_3C)_2As-O-As(CH_3)_2} + 2Na_2CO_3 + 2CO_2$$

ব্যবহার : (i) সেলুলোজ অ্যাসিটেট প্রস্তুতিতে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ব্যবহার সর্বাধিক। তুলার অবশেষের সঙ্গে (Cotton waste) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটিয়ে সেলুলোজ অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়। সেলুলোজ অ্যাসিটেট কৃত্রিম তন্তু (অ্যাসিটেট তন্তু বা কৃত্রিম সিল্ক) অদাহ্য সিনেমা ফিল্ম, সিগারেটের ফিলটার অংশ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়)। (ii) অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রাবক হিসাবে এবং অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসিটোন, ইথাইল অ্যাসিটেট, হোয়াইট লেড, বিভিন্ন অ্যাসিটেট লবণ ও রং প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (iii) রবারের নির্যাস তঞ্চিত (Coagulate) করতে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (iv) ভিনিগার হিসাবে অ্যাসিটিক অ্যাসিড খাদ্য সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার চার্ট



ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য (Distinction between formic acid and acetic acid) ঃ

বিক্রিয়া	ফরমিক অ্যাসিড	অ্যাসিটিক অ্যাসিড
1. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে	কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়, এই গ্যাস নীল শিখায় জ্বলে ঃ $HCOOH + H_2SO_4 \rightarrow CO + [H_2O, H_2SO_4]$	কোন বিক্রিয়া হয় না।
2. মারকিউরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে	মারকিউরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয়ে সাদা মারকিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় $HCOOH + 2HgCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2 + CO_2 + 2HCl$	মারকিউরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয় না।
3. অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ	বিজারিত হয়ে ধাতব সিলভার মুক্ত হয় (প্রশম দ্রবণ) $2HCOONa + [Ag(NH_3)_2]^+OH^- \rightarrow Ag + Na_2CO_3 + NH_3 + H_2O$	সিলভার নাইট্রেট বিজারিত হয় না।
4. ফেলিং দ্রবণ	লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।	বিজারিত হয় না।
5. PCl_5-এর সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায়	HCl ও CO উৎপন্ন হয়।	অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও HCl উৎপন্ন হয়।

অক্সালিক অ্যাসিড (ইথেনডাইওয়িক অ্যাসিড) (Oxalic acid or ethandioic acid)

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

অক্সালিক অ্যাসিড অণুতে দুটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড গ্রুপ বর্তমান, ইহা দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড। ইহাই সরলতম ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড। বহু উদ্ভিদে অক্সালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। অক্সালিক (oxalic) শ্রেণীর উদ্ভিদে পাওয়া যায় বলে এর এই নাম রাখা হয়েছে। পটাসিয়াম হাইড্রোজেন অক্সালেটরূপে আমরুলে এবং ক্যালসিয়াম লবণরূপে ওল, কচু (arum), পেঁয়াজ প্রভৃতিতে পাওয়া যায়। মূত্রে অ্যামোনিয়াম অক্সালেটরূপে পাওয়া যায়। বিজ্ঞানী শীলি (Scheele) 1766 খ্রীষ্টাব্দে শর্করাকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করে অক্সালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন।

3G.8 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি** (Laboratory method) : ইক্ষুশর্করা (সুক্রোজ)-কে সামান্য পরিমাণে ভ্যানাডিয়াম পেন্টাক্সাইডের উপস্থিতিতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করে অক্সালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় :

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 18[O] \xrightarrow[\text{গাঢ় } HNO_3,\ \text{তাপ}]{V_2O_5\ (\text{অনুঘটক})} 6\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + 5H_2O$$

একটি এক লিটার ফ্লাস্কে 140 মিলি. গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও 0·1 গ্রাম V_2O_5 নিয়ে ধূম্রকক্ষে (Fume chamber) উত্তপ্ত করা হয় এবং এর মধ্যে 20 গ্রাম ইক্ষুশর্করা (সুক্রোজ) যোগ করা হয়। যেইমাত্র বাদামী বর্ণের গ্যাস উঠতে আরম্ভ করে ফ্লাস্কটিকে শীতল জলের উপর রাখা হয়। বিক্রিয়া শেষ হওয়ার পর ফ্লাস্কটিকে নাড়াচাড়া না করে 24 ঘন্টা রেখে দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের তলায় অক্সালিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কেলাসগুলি ছেঁকে নিয়ে জল থেকে পুনঃ কেলাসিত করা হয়।

(2) **শিল্পোৎপাদন** (Industrial process) : 14—18 বায়ুমণ্ডলের চাপে উত্তপ্ত (160°—250° সে.) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে (30—40%) কার্বন মনোক্সাইড চালনা করলে সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয় :

$$CO + NaOH \xrightarrow[160°-250°\text{সে.}]{14-18\ \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ}} \underset{\text{সোডিয়াম ফরমেট}}{HCOONa}$$

এই সোডিয়াম ফরমেটকে অতিদ্রুত 400° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম অক্সালেট উৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{l} H \vdots COONa \\ H \vdots COONa \end{array} \xrightarrow{400°\text{সে.}} H_2 + \underset{\text{সোডিয়াম অক্সালেট}}{\begin{array}{c} COONa \\ | \\ COONa \end{array}}$$

উৎপন্ন লবণকে শীতল জল দ্বারা নিষ্কাশিত করে সোডিয়াম অক্সালেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করে ক্যালসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। ছেঁকে

ক্যালসিয়াম অক্সালেট পৃথক করে এর মধ্যে পরিমাণমত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে অক্সালিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$\begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + Ca(OH)_2 \longrightarrow \begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix}\!\!>\! Ca\downarrow + 2NaOH$$

$$\begin{matrix} COO \\ | \\ COO \end{matrix}\!\!>\! Ca + H_2SO_4 \longrightarrow \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + CaSO_4\downarrow$$

ক্যালসিয়াম অক্সালেট

অধঃক্ষিপ্ত ক্যালসিয়াম সালফেট ছেঁকে পৃথক করে পরিস্রুতকে উত্তপ্ত করে গাঢ় করা হয়, এই উত্তপ্ত গাঢ় পরিস্রুতকে শীতল করে অক্সালিক অ্যাসিড কেলাস সংগ্রহ করা হয়।

সংশ্লেষিক পদ্ধতিতে অক্সালিক অ্যাসিড (Oxalic acid by synthesis) : (i) সায়ানোজেনকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে অক্সালিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় :

$$\begin{matrix} CN \\ | \\ CN \end{matrix} + 4H_2O + 2HCl \longrightarrow \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2NH_4Cl$$

(ii) **ইথিলিন থেকে** :

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix}} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{ইথিলিন ডাইব্রোমাইড}}{\begin{matrix} CH_2Br \\ | \\ CH_2Br \end{matrix}} \xrightarrow[\text{NaOH দ্রবণ}]{KMnO_4 +} \underset{\text{সোডিয়াম অক্সালেট}}{\begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix}} \xrightarrow{H_2O,\ H^+} \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$$

(iii) ধাতব সোডিয়ামের মধ্যে 360° সে. তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করে সোডিয়াম অক্সালেট পাওয়া যায় :

$$2CO_2 + 2Na \xrightarrow{360^\circ\ \text{সে.}} \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix}$$

প্রশ্ন : 3G.25 ইথিলিন থেকে কিভাবে অক্সালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়? কার্বন মনোক্সাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড থেকে অক্সালিক অ্যাসিড প্রস্তুতির শর্তসহ সমীকরণগুলি লেখ। এই পদ্ধতিতে পার্শ্ববিক্রিয়াজাত হিসাবে কি পাওয়া যায়?

3G.9 ধর্ম (Properties)

(A) **ভৌতধর্ম :** (1) অক্সালিক অ্যাসিড জলে বেশ দ্রাব্য। জল থেকে বর্ণহীন ডাইহাইড্রেট $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}$, $2H_2O$ রূপে কেলাসিত হয়। এই কেলাস 101° সে. উষ্ণতায় গলে যায় এবং কেলাস-জল ত্যাগ করে অনার্দ্র অক্সালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। আবদ্ধ নলে এর গলনাঙ্ক 189·5° সে.।

(2) অক্সালিক অ্যাসিড অ্যালকোহলে দ্রাব্য কিন্তু ইথারে অদ্রাব্য।

(3) অক্সালিক অ্যাসিড এবং এর লবণগুলি বিষাক্ত।

(B) **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া ঃ আম্লিক ধর্ম ঃ** অক্সালিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড। এর জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অম্ল এবং শমিত উভয় ধরনের লবণই উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড (1 মোল)}}{\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{(1 মোল)}}{NaOH} \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম হাইড্রোজেন অক্সালেট (অম্ল লবণ)}}{\begin{matrix}COONa\\|\\COOH\end{matrix}} + H_2O$$

$$\underset{\text{(1 মোল)}}{\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{(2 মোল)}}{2NaOH} \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অক্সালেট (শমিত লবণ)}}{\begin{matrix}COONa\\|\\COONa\end{matrix}} + 2H_2O$$

ইহা টেট্রক্সালেটের কেলাসও উৎপন্ন করে ঃ

যেমন, $\begin{matrix}COOH\\|\\COOK\end{matrix} \quad \begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix} \quad 2H_2O$

অক্সালিক অ্যাসিড জৈব অ্যাসিডগুলির মধ্যে একটি অন্যতম তীব্র অ্যাসিড।

(2) **এস্টার গঠন ঃ** অনার্দ্র অক্সালিক অ্যাসিডকে মিথানল বা ইথানল সহযোগে রিফ্লাক্স করলে যথাক্রমে মিথাইল অক্সালেট ও ইথাইল অক্সালেট উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{মিথানল}}{2CH_3OH} \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল অক্সালেট}}{\begin{matrix}COOCH_3\\|\\COOCH_3\end{matrix}} + 2H_2O$$

$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix}} + \underset{\text{ইথানল}}{2C_2H_5OH} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল অক্সালেট}}{\begin{matrix}COOC_2H_5\\|\\COOC_2H_5\end{matrix}} + 2H_2O$$

অক্সালিক অ্যাসিডে দুটি COOH গ্রুপ থাকায় অ্যালকোহলের অনুপাতের উপর নির্ভর করে মনোএস্টার [যেমন, $\begin{matrix}COOCH_3\\|\\COOH\end{matrix}$ (মনোমিথাইল অক্সালেট)] এবং ডাইএস্টার উভয় প্রকারের এস্টারই উৎপন্ন করতে পারে।

(3) **গ্লিসারলের সঙ্গে** অক্সালিক অ্যাসিড 100—110°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উচ্চতর তাপমাত্রায় অ্যালাইল অ্যালকোহল প্রধান উৎপন্ন পদার্থ ঃ

$$\begin{matrix}CH_2OH\\|\\CHOH\\|\\CH_2OH\end{matrix} + \begin{matrix}HOOC\\|\\HOOC\end{matrix} \longrightarrow \underset{\text{গ্লিসারল অক্সালেট}}{\begin{matrix}CH_2O.CO\\|\quad\quad|\\CH.O.CO\\|\\CH_2OH\end{matrix}} + 2H_2O \longrightarrow \underset{\text{অ্যালাইল অ্যালকোহল}}{\begin{matrix}CH_2\\\|\\CH\\|\\CH_2OH\end{matrix}} + 2CO_2$$

(4) **নিরুদন :** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে 100° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অক্সালিক অ্যাসিড থেকে জল অণু মোচিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + H_2SO_4 \longrightarrow CO + CO_2 + (H_2O, H_2SO_4)$$

(5) **জারণ :** অক্সালিক অ্যাসিড এবং অক্সালিক অ্যাসিডের লবণগুলি মৃদু বিজারক দ্রব্য। অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং 60° সে. উষ্ণতায় দ্রুত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে বিজারিত করে :

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + [O] \longrightarrow 2CO_2\uparrow + H_2O$$

$$\left(5 \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 10CO_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O \right)$$

এই বিক্রিয়া পরিমাণগত ভাবে ঘটে এবং আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে এইভাবে প্রমিত করা যায়। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে আয়তনমাত্রিক পদ্ধতিতে অক্সালিক অ্যাসিড ও অক্সালেট দ্রবণের শক্তিও বার করা যায়।

(6) **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে** বিক্রিয়ায় অক্সালিক অ্যাসিড অক্সালাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় :

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2PCl_5 \longrightarrow \underset{\text{অক্সালাইল ক্লোরাইড}}{\begin{matrix} COCl \\ | \\ COCl \end{matrix}} + 2POCl_3 + 2HCl$$

অক্সালাইল ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সামাইড উৎপন্ন করে :

$$\begin{matrix} COCl \\ | \\ COCl \end{matrix} + 2NH_3 \longrightarrow \underset{\text{অক্সামাইড}}{\begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix}} + 2HCl$$

(7) অক্সালিক অ্যাসিড **অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়ায়** অ্যামোনিয়াম অক্সালেট উৎপন্ন করে, ইহা উত্তপ্ত করলে অক্সামাইড উৎপন্ন হয় :

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2NH_3 \longrightarrow \underset{\text{অ্যামোনিয়াম অক্সালেট}}{\begin{matrix} COONH_4 \\ | \\ COONH_4 \end{matrix}} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{অক্সামাইড}}{\begin{matrix} CONH_2 \\ | \\ CONH_2 \end{matrix}} + 2H_2O$$

(8) **স্থায়িত্ব :** 101° সে. উষ্ণতায় অক্সালিক অ্যাসিড গলে গিয়ে অনার্দ্র অ্যাসিডে পরিণত হয়। 180° সে. উষ্ণাতার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র অক্সালিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে ফরমিক অ্যাসিড, কার্বন মনোক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম উৎপন্ন করে :

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} \xrightarrow{\text{180° সে.-এর উর্ধ্বে}} HCOOH + CO_2$$

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} \xrightarrow{\text{180° সে.-এর উর্ধ্বে}} CO + CO_2 + H_2O$$

কোন যৌগে দুটি কার্বক্সিলিক গ্রুপ পরস্পর যুক্ত থাকলে বা একই কার্বন পরমাণুর সঙ্গে দুটি কার্বক্সিলিক গ্রুপ যুক্ত থাকলে যৌগটি তাপের প্রভাবে এইভাবে বিযোজিত হয়ে যায়।

অক্সালিক অ্যাসিডে দুটি কার্বক্সিল গ্রুপ পরস্পর যুক্ত আছে। আবার ম্যালোনিক অ্যাসিডে একই কার্বন পরমাণুর সঙ্গে দুটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড গ্রুপ যুক্ত আছে। ম্যালোনিক অ্যাসিড (এবং এই ধরনের যৌগ) তাপের প্রভাবে CO_2 মোচন করে মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :

$$\underset{\text{ম্যালোনিক অ্যাসিড}}{CH_2\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + CO_2$$

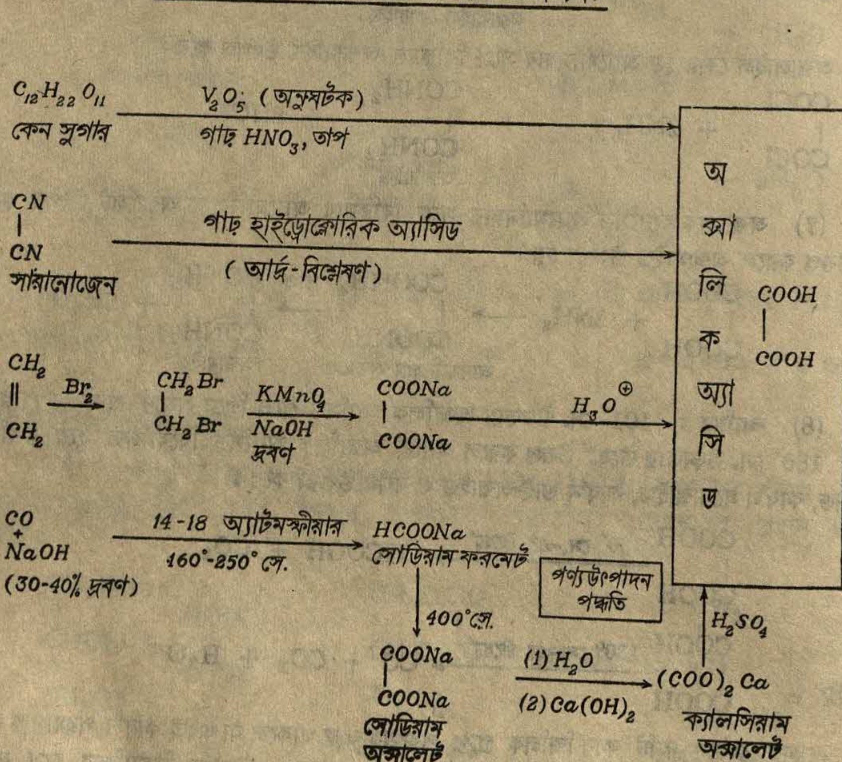
ব্যবহার (Uses) : (i) লেখার কালি প্রস্তুতিতে, রঞ্জন শিল্পে ও কাপড় ছাপার জন্য, (ii) কালির দাগ ও লোহার দাগ তোলার জন্য, (iii) আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে মুখ্য প্রমাণ পদার্থ হিসেবে, (iv) চর্ম শিল্পে, ধাতুপালিশ করতে, অক্সালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (1) একটি পরীক্ষানলে কঠিন অক্সালিক অ্যাসিড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস ($+CO_2$) নির্গত হয়। পরীক্ষানলের মুখে জ্বলন্ত কাঠি ধরলে নির্গত গ্যাস পরীক্ষানলের মুখে নীল শিখায় জ্বলে।

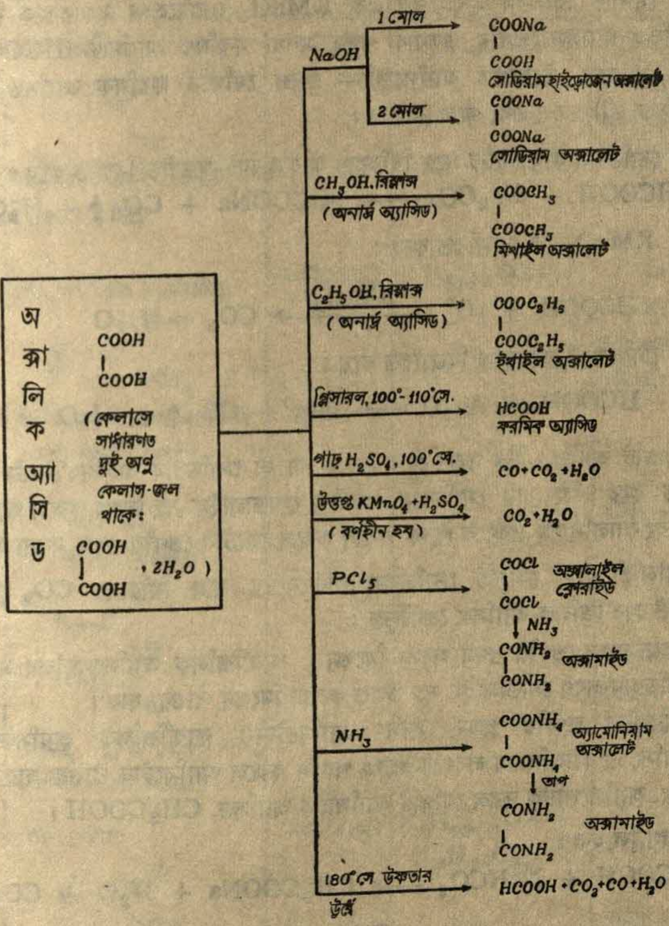
(2) একটি পরীক্ষানলে অক্সালিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ (বা প্রশম দ্রবণ অর্থাৎ অক্সালেট দ্রবণ) নিয়ে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করলে তৎক্ষণাৎ ক্যালসিয়াম অক্সালেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য।

(3) উত্তপ্ত অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে অক্সালিক অ্যাসিড যোগ করলে প্রথমে ধীরে কিন্তু তারপর দ্রুত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী রং বর্ণহীন করে দেয়।

অক্সালিক অ্যাসিডের প্রস্তুতির চার্ট



অক্সালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার চার্ট



● কয়েকটি সমস্যার সমাধান

1. এমন একটি অ্যালিফেটিক (aliphatic) তরল যৌগ সনাক্ত কর যাহা জলে দ্রবণীয়, Na_2CO_3 হইতে CO_2 মুক্ত করে এবং $KMnO_4$ দ্রবণ ও Tollen বিকারক উভয়কেই বিজারিত করে। উত্তরের কারণসমূহ সমীকরণের সাহায্যে বর্ণনা কর। [W. B. H. S. '86]

সমাধান : (1) অ্যালিফেটিক যৌগটি তরল এবং জলে দ্রবণীয়। জলে দ্রবণীয় তাই যৌগটি হাইড্রোকার্বন বা ইথার নয়। আবার যৌগটি তরল। তাই যৌগটি অন্য সমগণীয় শ্রেণীর অধঃস্তন সদস্যগুলির কোন একটি হবে।

(2) যৌগটি সোডিয়াম কার্বনেট থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করে। সুতরাং, যৌগটি একটি অ্যাসিড এবং অ্যাসিডটি কার্বনিক অ্যাসিড থেকে শক্তিশালী। অর্থাৎ, যৌগটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত। ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীর প্রথম সদস্য অক্সালিক অ্যাসিড একটি কঠিন পদার্থ। সুতরাং যৌগটি একটি ডাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড হতে পারে না। তাহলে যৌগটি

অ্যালিফেটিক মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত এবং এর সংকেত RCOOH (R=H বা অ্যালকিল গ্রুপ)। সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়াটি হল:

$$2RCOOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2RCOONa + H_2O + CO_2$$

(3) যৌগটি বিজারণ গুণসম্পন্ন এবং $KMnO_4$ ও টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে। মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীর একমাত্র প্রথম সদস্য ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH) বিজারণ গুণসম্পন্ন। সুতরাং, উল্লেখিত **অ্যালিফেটিক তরল যৌগটি ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH)।** ফরমিক অ্যাসিড (i) তরল এবং জলে দ্রবণীয়।

(ii) সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে:

$$2HCOOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2HCOONa + CO_2\uparrow + H_2O$$

(iii) $KMnO_4$-কে বিজারিত করে:

$$HCOOH + [O] \xrightarrow{KMnO_4} CO_2 + H_2O$$

(iv) টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে:

$$HCOOH + Ag_2O \longrightarrow 2Ag + CO_2\uparrow + H_2O$$

2. একটি অ্যালিফেটিক তরল যৌগ সনাক্ত কর যা সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত করে এবং যার সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম সহ উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন শ্রেণীর প্রথম সদস্য এবং ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্ক পাতন করলে কিটোন শ্রেণীর প্রথম সদস্য উৎপন্ন হয়।

সমাধান: (1) যৌগটি সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত করে। সুতরাং যৌগটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত।

(2) অ্যালকেন শ্রেণীর প্রথম সদস্য মিথেন। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির মধ্যে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ সোডালাইম সহ উত্তপ্ত করলে মিথেন পাওয়া যায়।

(3) কিটোন শ্রেণীর প্রথম সদস্য অ্যাসিটোন। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির মধ্যে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণকে শুষ্ক পাতন করলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

সুতরাং, অ্যালিফেটিক তরল যৌগটি অ্যাসিটিক অ্যাসিড, CH_3COOH।

বিক্রিয়াগুলি হল:

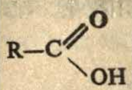
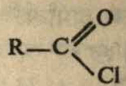
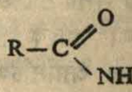
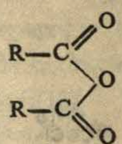
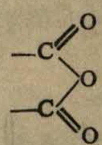
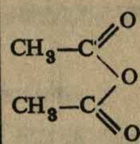
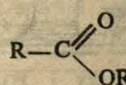
$$CH_3COOH + NaHCO_3 \longrightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$CH_3COONa + NaOH \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CaO} CH_4 + Na_2CO_3$$

$$(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\text{শুষ্ক পাতন}} CH_3COCH_3 + CaCO_3$$

3H. ফ্যাটি অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগসমূহ (Derivatives of fatty acids)

ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি থেকে অনেক গুরুত্বপূর্ণ যৌগ উৎপন্ন হতে পারে। এই যৌগগুলি উৎপন্নের জন্য ফ্যাটি অ্যাসিডের —COOH গ্রুপের ভূমিকা থাকে। ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্যকরী গ্রুপের পরিবর্তনের ফলে যৌগগুলি উৎপন্ন হয় বলে এই যৌগগুলিকে **ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতক** বা **ফ্যাটি অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগ** বলা হয়। যেমন, **অ্যাসিড হ্যালাইড** (RCOX), **অ্যাসিড অ্যামাইড** ($RCONH_2$), **অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড** (RCOOCOR), **এস্টার** (RCOOR′)। প্রতিটি শ্রেণীর জন্য একটি করে প্রতিনিধিস্থানীয় সদস্যের আলোচনা করা হল। প্রতিটি শ্রেণীর অন্যান্য সদস্যদের আচরণ এই প্রতিনিধিস্থানীয় সদস্যের আচরণের অনুযায়ী হয়।

ফ্যাটি অ্যাসিড	ফ্যাটি অ্যাসিডের জাতক বা ফ্যাটি অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগ	কার্যকরী গ্রুপ	সাধারণ সংকেত	প্রতিনিধিস্থানীয় সদস্য
	(1) অ্যাসিড ক্লোরাইড  অ্যাসিডের **OH** প্রতিস্থাপিত হয়েছে **Cl** দিয়ে।	$—COCl$	$C_nH_{2n+1}COCl$	CH_3COCl অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড (ইথানোয়িল ক্লোরাইড, ethanoyl chloride)
	(2) অ্যাসিড অ্যামাইড  অ্যাসিডের **OH** প্রতিস্থাপিত হয়েছে NH_2 দিয়ে।	$-CONH_2$	$C_nH_{2n+1}CONH_2$	CH_3CONH_2 অ্যাসিট্যামাইড (ইথান্যামাইড, ethanamide)
	(3) অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইড  2 অণু অ্যাসিড থেকে 1 অণু জল অপসারিত হয়েছে।		$(C_nH_{2n+1}CO)_2O$	 অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (ইথানোয়িক অ্যানহাইড্রাইড ethanoic anhydride)
	(4) এস্টার  অ্যাসিডের **H** প্রতিস্থাপিত হয়েছে অ্যালকিল (R′) গ্রুপ দিয়ে।	$-COOR'$	$C_nH_{2n+1}COOR'$ $(C_nH_{2n}O_2)$	$CH_3COOC_2H_5$ ইথাইল অ্যাসিটেট (ইথাইল ইথানোয়েট ethyl ethanoate)

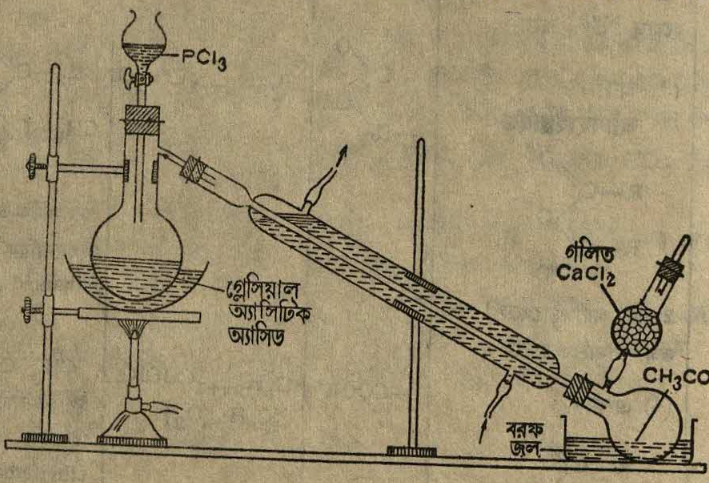
অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, $CH_3-C(=O)Cl$
Acetyl Chloride

3H.1 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি ঃ পরীক্ষাগারে সাধারণত গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{3CH_3COOH} + PCl_3 \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{3CH_3COCl} + H_3PO_3$$

পদ্ধতি ঃ বিন্দুপাতী ফানেলযুক্ত একটি গোলতল পাতন ফ্লাস্কে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং বিন্দুপাতী ফানেলে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড নেওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের সঙ্গে একটি শুষ্ক লিবিগ শীতক জুড়ে দেওয়া হয়। লিবিগ শীতকের অপর প্রান্তে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গার্ডটিউব-যুক্ত একটি শুষ্ক গ্রাহক পাত্র লাগানো থাকে। গ্রাহক পাত্রটিকে বরফ শীতল জলে বসানো থাকে। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে পাতন ফ্লাস্কের অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে ধীরে ধীরে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড যোগ করা হয় (পাতন ফ্লাস্কটিকে ঠান্ডা জলের মধ্যে রাখা হয়



চিত্র 3H.1 ঃ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুতি।

এবং মাঝে মাঝে ফ্লাস্কটিকে ভালভাবে ঝাঁকানো হয়)। এরপর ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর বসিয়ে প্রথমে প্রায় 50°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং তারপর উষ্ণতা বাড়িয়ে 55°—60°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পাতিত হয়ে শীতল গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয় (চিত্র 3H.1) এই অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে **অনার্দ্র অবস্থায়** পাতিত করে 52°—55°সে. উষ্ণতায় পাতিতাংশ সংগ্রহ করলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

[অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড জল দিয়ে সহজেই বিযোজিত হয়ে যায়। তাই প্রস্তুতির সময় বায়ুর জলীয় বাষ্প যাতে তা ঢুকতে পারে তার জন্য সাবধানতা অবলম্বন করা হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গার্ড-টিউব ব্যবহার করা অত্যন্ত জরুরী]।

(2) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড বা থায়োনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়াতেও অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$CH_3COOH + PCl_5 \longrightarrow CH_3COCl + POCl_3 + HCl\uparrow$$
$$CH_3COOH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3COCl + SO_2\uparrow + HCl\uparrow$$

[PCl_3, PCl_5, $SOCl_2$ ইত্যাদি বিভিন্ন বিকারক ব্যবহার করে অ্যাসিড ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। থায়োনিল ক্লোরাইড ব্যবহারের সুবিধা হল—এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বিক্রিয়াজাতগুলির মধ্যে অ্যাসিড ক্লোরাইড ছাড়া অন্যগুলি গ্যাসীয় (তাই সহজেই বার হয়ে যায়, পৃথকীকরণ সমস্যা থাকে না) আর থায়োনিল ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় (76°সে.) সহজেই একে দূর করা যায়। যদি উৎপন্ন অ্যাসিড ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্কও থায়োনিল ক্লোরাইডের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি হয় তবেই অসুবিধা হয়। অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে এই পৃথকীকরণ সমস্যা থাকে বলে থায়োনিল ক্লোরাইড সাধারণত ব্যবহার করা হয় না।]

3H.2 অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের ধর্ম (Properties of Acetyl chloride)

A. ভৌত ধর্ম (Physical properties) :

(i) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ঝাঁঝাল গন্ধবিশিষ্ট বর্ণহীন তরল পদার্থ।

(ii) এর স্ফুটনাঙ্ক 52°সে., আর্দ্র বায়ুতে ইহা ধূমায়িত হয়।

(iii) ইহা ইথার ও ক্লোরোফর্মে সহজেই দ্রবীভূত হয়।

অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের আণবিক ওজন (78·5) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন (60) অপেক্ষা বেশী হওয়া সত্ত্বেও এর স্ফুটনাঙ্ক অ্যাসিটিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক (118°সে.) অপেক্ষা কম। এর কারণ অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডে OH মূলক না থাকার জন্য এর অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে সংগুণিত হতে পারে না কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে সংগুণিত থাকে।

B. রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (Chemical properties and reactions) :

(1) **আর্দ্র-বিশ্লেষণ :** অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড সাধারণ তাপমাত্রায় জলের সঙ্গে প্রবলতার সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$\underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + HCl$$

জলের সংস্পর্শে এলেই অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায়। এইজন্যই (HCl উৎপন্নের জন্য) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড আর্দ্র-বায়ুতে ধূমায়িত হয়।

(2) **অ্যালকোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ায়** অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড এস্টার উৎপন্ন করে। ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রবল ভাবে বিক্রিয়া করে ইথাইল অ্যাসিটেট (এস্টার) ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$CH_3CO\boxed{Cl + H}OC_2H_5 \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$

[অ্যালকোহলের H অ্যাসিটাইল (CH_3CO) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে বিযোজিত করে। জল দিয়ে বিযোজনকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বা হাইড্রোলিসিস (Hydrolysis) বলে। অনুরূপভাবে অ্যালকোহল দিয়ে বিযোজনকে অ্যালকোহলিসিস (alcoholysis) বলে।]

(3) **নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া :** (a) গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন করে :

$$\underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} + NH_3 \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} + HCl$$

$$(HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl)$$

[অ্যামোনিয়া দিয়ে বিযোজনকে অ্যামোনোলিসিস (Ammonolysis) বলা হয়।]

(b) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে প্রাইমারী ও সেকেন্ডারী অ্যামিনের বিক্রিয়ায় N-প্রতিস্থাপিত অ্যামাইড গঠিত হয়।

(i) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড মিথাইল অ্যামিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N-মিথাইল অ্যাসিট্যামাইড গঠন করে।

$$\underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} + \underset{\text{মিথাইল অ্যামিন}}{H_2NCH_3} \longrightarrow \underset{\text{N-মিথাইল অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONHCH_3} + HCl$$

(ii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যানিলাইড গঠিত হয়।

$$CH_3COCl + \underset{\text{অ্যানিলিন}}{H_2NC_6H_5} \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যানিলাইড}}{CH_3CONHC_6H_5} + HCl$$

(iii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে ডাইমিথাইল অ্যামিনের বিক্রিয়ায় N, N-ডাইমিথাইল অ্যাসিট্যামাইড গঠিত হয়।

$$CH_3COCl + \underset{\text{ডাইমিথাইল অ্যামিন}}{HN(CH_3)_2} \longrightarrow \underset{\text{N,N-ডাইমিথাইল অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CON(CH_3)_2} + HCl$$

[এই সকল বিক্রিয়ায় অ্যামিনো গ্রুপের H **অ্যাসিটাইল** (CH_3CO) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।]

(iv) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড হাইড্রাজিনের সঙ্গে হাইড্রাজাইড এবং হাইড্রক্সিল অ্যামিনের সঙ্গে হাইড্রক্সামিক অ্যাসিড গঠন করে।

$$CH_3COCl + \underset{\text{হাইড্রাজিন}}{H_2NNH_2} \longrightarrow CH_3COHNNH_2 + HCl$$

$$CH_3COCl + \underset{\text{হাইড্রক্সিল্যামিন}}{H_2NOH} \longrightarrow \underset{\text{হাইড্রক্সামিক অ্যাসিড}}{CH_3CONHOH} + HCl$$

[হাইড্রক্সামিক অ্যাসিডের সাধারণ সংকেত হল RCONHOH]

অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া (Acetylation Reaction) ঃ

অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সব থেকে গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সিল ($-OH$) বা অ্যামিনো ($-NH_2$) গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একযোজী অ্যাসিটাইল (CH_3CO) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। অ্যালকোহল, ফেনল, অ্যামিনো যৌগ অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করে ঃ

$$CH_3CO\boxed{Cl + H}\underset{\text{ইথানল}}{OC_2H_5} \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + HCl$$

$$CH_3CO\boxed{Cl + H}\underset{\text{ফেনল}}{OC_6H_5} \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_6H_5} + HCl$$

$$CH_3CO\boxed{Cl + H}\underset{\text{অ্যানিলিন}}{NHC_6H_5} \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যানিলাইড}}{CH_3CONHC_6H_5} + HCl$$

অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রক্সিল বা অ্যামিনো গ্রুপযুক্ত অনেক উদ্বায়ী পদার্থকে কঠিন কেলাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত করা যায়। এই কঠিন কেলাসীয় পদার্থগুলিকে বিশুদ্ধ করা সহজ এবং এদের গলনাঙ্ক থেকে পদার্থগুলিকে সহজেই চেনা যায়।

নাইট্রেসন বিক্রিয়াকালে অ্যামিনো গ্রুপকে 'সংরক্ষণ' (protect) করার জন্যও অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া ব্যবহার করা হয় (পরে অ্যানিলিন দ্রষ্টব্য)।

অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ছাড়া অন্য বিকারক দিয়েও (যেমন, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড) অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া ঘটানো যায় (পরে দেখ)।

(4) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট একসঙ্গে পাতিত করলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3COCl + CH_3COONa \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড}}{(CH_3CO)_2O} + NaCl$$

(5) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিন ও অন্যান্য অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যারাইল মিথাইল কিটোন উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} + CH_3COCl \xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}} \underset{\text{অ্যাসিটোফেনোন}}{C_6H_5COCH_3} + HCl$$

[এই বিক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যাসিটাইল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়াটি ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেসন বিক্রিয়ার (Friedel crafts acylation reaction) উদাহরণ। এই বিক্রিয়ার সঙ্গে উপরে বর্ণিত অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়ার পার্থক্য লক্ষ্য কর।]

(6) ক্লোরিনের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল মূলকের হাইড্রোজেন ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ঃ

$$CH_3COCl + Cl_2 \longrightarrow \underset{\text{মনোক্লোরো অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_2Cl{\cdot}COCl} + HCl$$

(7) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড অতিরিক্ত হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ব্রোমাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$CH_3COCl + HBr \longrightarrow CH_3COBr + HCl$$

(8) **পটাসিয়াম সায়ানাইডের** সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল সায়ানাইড গঠিত হয়। অ্যাসিটাইল সায়ানাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে পাইরুভিক অ্যাসিড (pyruvic acid) পাওয়া যায়।

$$CH_3COCl + KCN \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটাইল সায়ানাইড}}{CH_3COCN} + KCl$$

$$CH_3COCN \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{পাইরুভিক অ্যাসিড}}{CH_3CO{\cdot}COOH}$$

(9) **বিজারণ ঃ** (i) প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বিজারিত হয়ে ইথানলে পরিণত হয় ঃ

$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{Pd} CH_3CHO \xrightarrow[Pd]{H_2} \underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH}$$

লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ও অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডকে ইথানলে বিজারিত করে ঃ

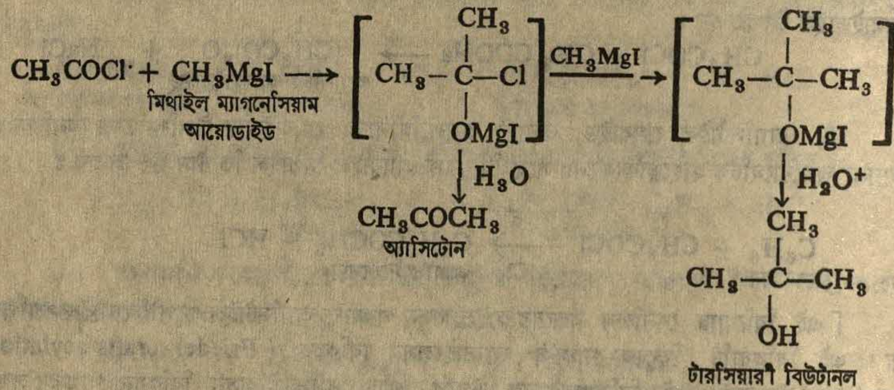
$$CH_3COCl \xrightarrow{LiAlH_4} CH_3CH_2OH$$

(ii) বেরিয়াম সালফেট মিশ্রিত প্যালাডিয়ামের উপস্থিতিতে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় (রোজেনমুণ্ড বিজারণ)।

$$CH_3COCl + H_2 \xrightarrow{Pd/BaSO_4} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} + HCl$$

[আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে এইভাবে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে অ্যাসিড ক্লোরাইডের মাধ্যমে অ্যালডিহাইডে পরিবর্তিত করা যায়।]

(10) গ্রিগনার্ড বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোন ও টারসিয়ারী অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।



ব্যবহার : (i) জৈব যৌগে অ্যাসিটাইল মূলক প্রবেশ করানোর জন্য, (ii) জৈব যৌগে $-OH$ মূলকের উপস্থিতি ও সংখ্যা নির্ণয়ের জন্য, (iii) অ্যাসপিরিন, অ্যাসিট্যানিলাইড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রভৃতি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ প্রস্তুতির জন্য অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিট্যামাইড, $CH_3-C(=O)NH_2$

3H.3 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি : (1) অতিরিক্ত গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডসহ অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটকে রিফ্লাক্স করলে অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট থেকে জল অণু অপসারণের ফলে অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH_3COONH_4 \longrightarrow CH_3CONH_2 + H_2O$$

[**মনে রাখ :** (1) শুধু অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট উত্তপ্ত করলেও অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু এতে অ্যাসিট্যামাইডের ফলন (yield) খুব কম হয়। কারণ অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের বিয়োজনের ফলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় :

$$CH_3COONH_4 \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_3$$

গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড এই বিয়োজন মন্দীভূত করে অ্যাসিট্যামাইডের ফলন বাড়ায়।

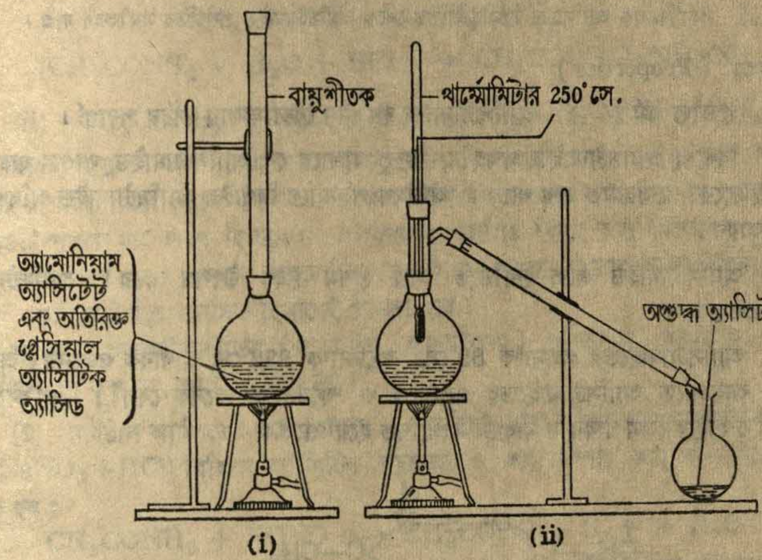
(2) রিফ্লাক্স করলে জল বাষ্পাকারে বার হয়ে গিয়ে বিক্রিয়াটিকে সম্মুখবর্তী করে।

(3) সাধারণত অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট ও গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ও অতিরিক্ত পরিমাণ গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড রিফ্লাক্স করা হয়। এতে বিক্রিয়া পাত্রেই অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয় এবং তারপর একই বিক্রিয়া ঘটে।

(4) অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুতিতে রিফ্লাক্স বা পাতন করার সময় কখনও জল-শীতক (water-condenser) ব্যবহার করা হয় না। সর্বদা বায়ুশীতক (air-condenser) ব্যবহার করা হয়। জল-শীতক ব্যবহার করলে অ্যাসিট্যামাইড শীতকের মধ্যে কঠিন অবস্থায় জমে যায় এবং শীতকের খোলাপথ বন্ধ করে দেয়।

বায়ু-শীতক : বড় ব্যাসের কাচের নল বায়ু-শীতক হিসাবে ব্যবহার করা যায়। লিবিগ-শীতকের মধ্য দিয়ে জল চালনা না করলেও বায়ু-শীতকের কাজ হয়।]

পদ্ধতি ঃ একটি বড় গোলতল ফ্লাস্কের মুখে একটি রিফ্লাক্স করার উপযোগী বায়ু-শীতক এঁটে দেওয়া হয়। গোলতল ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট ও অতিরিক্ত গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ (বা অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ও অতিরিক্ত গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ) নিয়ে গোলতল ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসিয়ে উত্তপ্ত করে কয়েক ঘণ্টা রিফ্লাক্স করা হয় (চিত্র 3H.2 (i))। জল বাষ্পাকারে-বার হয়ে যায়।



চিত্র 3H.2 ঃ অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুতি।

তারপর উত্তাপ প্রয়োগ বন্ধ করে গরম অবস্থায় উৎপন্ন পদার্থকে একটি বড় পাতন ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করা হয়। পাতন ফ্লাস্কের সঙ্গে একটি বায়ু-শীতক জুড়ে দিয়ে শীতকের শেষপ্রান্তে একটি গ্রাহক পাত্র রাখা হয়। ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করলে প্রথমে জল এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাতিত হয়ে আসে (এগুলি অন্য গ্রাহকপাত্রে সংগ্রহ করা হয়) তারপর 190—210°সে. উষ্ণতার মধ্যে অবিশুদ্ধ অ্যাসিট্যামাইড পাতিত হয়ে আসে এবং গ্রাহকপাত্রে বর্ণহীন কেলাসরূপে জমা হয় (চিত্র 3H.2 (ii))। প্রাপ্ত এই অ্যাসিট্যামাইডকে অ্যাসিটোন থেকে কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

(2) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড বা ইথাইল অ্যাসিটেটের উপর গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের ক্রিয়াতেও অ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন হয় ঃ

(i) $CH_3COCl + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + NH_4Cl$

[$$\begin{array}{l|l|} CH_3CO & Cl \\ NH_2 & H \end{array} \longrightarrow CH_3CONH_2 + HCl$$

$HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$]

(ii) $(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + CH_3COONH_4$

(iii) $CH_3COOC_2H_5 + NH_3 \longrightarrow CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$

প্রশ্ন ঃ 3H.1 অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুতিতে শুধু অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট উত্তপ্ত করা হয় না কেন ? সঙ্গে কি মিশ্রিত করা হয় ? কেন ?

3H.2 অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুতিতে রিফ্লাক্স পাতন করার সময় জল-শীতকের পরিবর্তে বায়ু-শীতক ব্যবহার করা হয় কেন ?

3H.3 তোমাকে অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুত করতে হবে। পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট বা অ্যামোনিয়ার দ্রবণ নাই। কিন্তু নীচের পদার্থগুলি আছে ঃ

গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়াম সালফেট, সোডিয়াম কার্বনেট, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, ইথাইল অ্যাসিটেট।

তুমি কি অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুত করতে পারবে ?

3H.4 কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের তিনটি জাতক থেকে অ্যাসিট্যামাইড প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

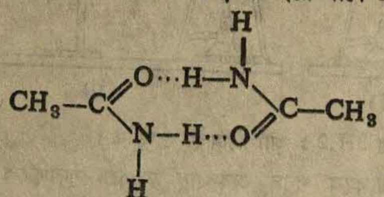
3H.4 ধর্ম (Properties)

(A) **ভৌত ধর্ম ঃ** (1) অ্যাসিট্যামাইড বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ।

(2) বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যামাইড গন্ধহীন, কিন্তু বাজারে যে অ্যাসিট্যামাইড পাওয়া যায় তাতে সাধারণত ইঁদুরের গন্ধের মত গন্ধ থাকে। অত্যল্প পরিমাণে মিথাইল অ্যাসিট্যামাইড অবিশুদ্ধিই এই গন্ধের কারণ।

(3) অ্যাসিট্যামাইড জলে দ্রবীভূত হয়ে প্রশম দ্রবণ উৎপন্ন করে। অ্যাসিট্যামাইড অ্যালকোহলেও দ্রাব্য।

(4) অ্যাসিট্যামাইডের গলনাঙ্ক 82°সে., স্ফুটনাঙ্ক 222°সে. আণবিক ওজনের (আণবিক ওজন 59) অনুপাতে অ্যাসিট্যামাইডের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনেক বেশী। এর কারণ হল অ্যাসিট্যামাইড হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে সংগুণিত হয়ে থাকে ঃ



(*n*-প্রপাইল অ্যামিনের স্ফুটনাঙ্ক মাত্র 49°সে.)

B. রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (Chemical properties and Reaction) ঃ

অ্যাসিট্যামাইডের রাসায়নিক ধর্ম মূলত $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH_2$ গ্রুপের ধর্মে। এই গ্রুপকে অ্যামিডো গ্রুপ বলে। এই গ্রুপে কার্বনিল ও অ্যামিনো গ্রুপ থাকলেও এই গ্রুপগুলি তাদের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া দেখায় না। যেমন, অ্যাসিট্যামাইড $>C=O$ গ্রুপের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ যুত-বিক্রিয়াগুলিতে অংশগ্রহণ করে না—অক্সিম, হাইড্রাজোন, ফিনাইল হাইড্রাজোন ইত্যাদি গঠন করে না। আবার প্রাইমারী অ্যামিনো গ্রুপের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া যেমন, আইসো সায়ানাইড বিক্রিয়াতেও অ্যাসিট্যামাইড অংশ গ্রহণ করে না। দুটি গ্রুপের পারস্পরিক প্রভাবে নতুন ধর্ম অ্যাসিট্যামাইড দেখায়।

(1) **আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ** অ্যাসিট্যামাইড লঘু ক্ষার দ্রবণ ও লঘু খনিজ অ্যাসিড উভয়ের দ্বারাই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায়।

(a) কস্টিক সোডা দ্রবণ সহ ফোটালে অ্যাসিট্যামাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে সোডিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস হিসাবে নির্গত হয় ঃ

$$CH_3CONH_2 + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + NH_3\uparrow$$

(b) লঘু খনিজ অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যামাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে ঃ

$$\text{(i)}\quad CH_3{-}C{\Large\langle}^{O}_{NH_2} + HOH \longrightarrow CH_3{-}C{\Large\langle}^{O}_{OH} + NH_3$$

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

$$(CH_3CONH_2 + H_2O + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NH_4Cl)$$

$$\text{(ii)}\quad CH_3CONH_2 + H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3COOH + NH_4HSO_4$$

লক্ষ্য কর ঃ অ্যাসিট্যামাইডের (বা কোন অ্যাসিড অ্যামাইডের) **ক্ষার দ্বারা** আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয় এবং বিশিষ্ট গন্ধ দ্বারা অ্যামোনিয়াকে সনাক্ত করা যায়। অ্যাসিডটি পাওয়া যায় লবণ হিসাবে। অপরপক্ষে, অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যায় না। কারণ অ্যামোনিয়া অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। অ্যাসিডটি মুক্ত অ্যাসিড হিসাবেই পাওয়া যায়।

সুতরাং, অ্যাসিট্যামাইডের (বা কোন অ্যামাইডের) পরিচায়ক পরীক্ষায় ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণ করা হয়, অ্যাসিড দিয়ে নয়।

(2) **নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** অ্যাসিট্যামাইড শীতল অবস্থায় নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে ($NaNO_2 + HCl$) বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও জল উৎপন্ন করে ও নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় ঃ

$$CH_3CONH_2 + HONO \longrightarrow CH_3COOH + N_2\uparrow + H_2O$$

[বুদবুদ আকারে নাইট্রোজেন বার হয় বলে এটি পরিচায়ক পরীক্ষা রূপে ব্যবহার করা যায়।]

(3) **বিজারণ ঃ** ধাতব সোডিয়াম ও ইথানল সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যামিনে বিজারিত হয় ঃ

$$CH_3CONH_2 + 4\,[H] \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} CH_3CH_2NH_2 + H_2O$$

(4) **নিরুদন ঃ** ফসফরাস পেন্টক্সাইড অ্যাসিট্যামইডকে নিরুদিত করে মিথাইল সায়ানাইডে পরিণত করে। অ্যাসিট্যামাইড ফসফরাস পেন্টক্সাইড সহ পাতিত করলে মিথাইল সায়ানাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$[\,CH_3CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} CH_3CN + H_2O\,]$$

$$CH_3CONH_2 + P_2O_5 \longrightarrow CH_3CN + 2HPO_3$$

(5) **হফম্যান বিক্রিয়া ঃ** কস্টিক পটাশ ও ব্রোমিন সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যাসিট্যামাইড মিথাইল অ্যামিনে পরিণত হয় ঃ

$$CH_3CONH_2 + Br_2 + 4KOH \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল অ্যামিন}}{CH_3NH_2} + K_2CO_3 + 2KBr + 2H_2O$$

Cl_2 বা Br_2 এবং KOH বা NaOH দ্রবণ (হাইপোহ্যালাইট) ব্যবহার করে অ্যামাইডকে প্রাইমারী অ্যামিনে পরিণত করার পদ্ধতিকে হফম্যান বিক্রিয়া (Hofmann reaction) বলা হয়।

হফম্যান বিক্রিয়া (Hofmann reaction) ঃ কোন অ্যামাইডের উপর ব্রোমিন (বা ক্লোরিন) ও ক্ষারের (NaOH বা KOH দ্রবণ) ক্রিয়ায় অ্যামাইডটি থেকে একটি কম কার্বন পরমাণু যুক্ত প্রাইমারী অ্যামিন প্রস্তুতির বিক্রিয়াকে হফম্যান বিক্রিয়া বলে। অ্যামাইডকে $RCONH_2$ হিসাবে ধরে সম্পূর্ণ বিক্রিয়াটি এইভাবে লেখা হয় ঃ

$$RCONH_2 + Br_2 + 4KOH \longrightarrow RNH_2 + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন প্রাইমারী অ্যামিনে বিক্রিয়ক অ্যামাইড থেকে একটি কার্বণ পরমাণু কম থাকে বলে বিক্রিয়াটি হফম্যান অবনয়ন (Hofmann degradation) নামেও পরিচিত।

বিক্রিয়াটি কয়েকটি ধাপে ঘটে। যেমন, অ্যাসিট্যামাইডের হফম্যান বিক্রিয়ায় প্রথমে ব্রোমিন সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যাসিট্যামাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N-ব্রোমোঅ্যাসিট্যামাইড উৎপন্ন করে (N-এর সঙ্গে ব্রোমিন যুক্ত থাকে বলে N-ব্রোমো বলা হয়):

$$CH_3CONH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{\text{N-ব্রোমোঅ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONHBr} + HBr$$

ক্ষারের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে এটি মিথাইল আইসোসায়ানেটে পরিবর্তিত হয়:

$$\underset{\text{N-ব্রোমোঅ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONHBr} + KOH \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল আইসোসায়ানেট}}{CH_3NCO} + KBr + H_2O$$

উত্তপ্ত ক্ষার মিথাইল আইসোসায়ানেটকে মিথাইল অ্যামিনে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে দেয়:

$$CH_3NCO + 2KOH \longrightarrow CH_3NH_2\uparrow + K_2CO_3$$

সম্পূর্ণ বিক্রিয়াটি হল:

$$CH_3CONH_2 + Br_2 + 4KOH \longrightarrow CH_3NH_2\uparrow + 2KBr + K_2CO_3 + 2H_2O$$

হফম্যান বিক্রিয়া প্রাইমারী অ্যামিন প্রস্তুতির একটি ভাল পদ্ধতি। এই বিক্রিয়া সমগণীয় শ্রেণীর উচ্চতর সদস্য থেকে নিম্নতর সদস্য প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা যায়।

প্রশ্ন: 3H.5 আণবিক ওজনের তুলনায় অ্যাসিট্যামাইডের উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের কারণ কি?

3H.9 নীচের যৌগগুলির মধ্যে কার স্ফুটনাঙ্ক সব থেকে বেশী? (i) $CH_3CH_2CH_2NH_2$, (ii) CH_3COCl, (iii) CH_3CONH_2 (iv) $CH_3COOC_2H_5$ কেন?

3H.7 অ্যাসিট্যামাইডে কার্বনিল ও অ্যামিনো গ্রুপ থাকা সত্ত্বেও যৌগটি কার্বনিল ও অ্যামিনো গ্রুপের বিশিষ্ট বিক্রিয়াগুলিতে সাড়া দেয় না এমন কয়েকটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

নীচের কোন্ বিকারকগুলি অ্যাসিট্যামাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে? যে ক্ষেত্রে বিক্রিয়া ঘটে সেক্ষেত্রে বিক্রিয়াজাতগুলি উল্লেখ কর:

(i) NH_2OH, (ii) $NaNO_2/HCl$, (iii) NaOH দ্রবণ, (iv) Br_2/KOH, (v) $CHCl_3/$ অ্যালকোহলীয় KOH, (vi) HCN, (vii) HCl দ্রবণ, (viii) $NaHSO_3$ (ix) Na/C_2H_5OH, (x) P_2O_5.

3H.8 অ্যাসিট্যামাইডের সঙ্গে NaOH দ্রবণ ও HCl দ্রবণের বিক্রিয়ার কোন পার্থক্য লক্ষ্য করতে পার কি?

3H.9 অ্যাসিট্যামাইডের পরিচায়ক পরীক্ষায় আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য NaOH দ্রবণ ও HCl দ্রবণের মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করবে? কেন?

ব্যবহার: অ্যাসিট্যামাইড (i) প্লাস্টিক শিল্পে, (ii) রঞ্জন শিল্পে, (iii) কিছু ঔষধ ও কীটনাশক পদার্থ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা: (1) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে ফোটালে অ্যামোনিয়া নির্গত হয়।

(2) জলীয় দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করলে নাইট্রোজেন বার হওয়ার জন্য বুদ্‌বুদ্ ওঠে।

অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের সঙ্গে অ্যাসিট্যামাইডের পার্থক্য:

(1) অ্যামোনিয়াম অ্যাসেটেট শীতল অবস্থায় কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়া নির্গত করে. কিন্তু অ্যাসিট্যামাইড তা করে না।

(2) অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণে প্রশম ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের কয়েক ফোঁটা যোগ করলে লাল রং উৎপন্ন হয়, কিন্তু অ্যাসিট্যামাইডের ক্ষেত্রে তা হয় না।

অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড
$CH_3CO\text{-}O\text{-}COCH_3$

3H.5 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি ঃ (1) পরীক্ষাগারে সাধারণত গলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও অনার্দ্র অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের মিশ্রণ পাতিত করে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$\underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + \underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড}}{CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}COCH_3} + NaCl$$

পদ্ধতি ঃ বিন্দুপাতী ফানেল ও লিবিগ শীতকযুক্ত একটি গোলতল ফ্ল্যাস্কে অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট নেওয়া হয়। শীতকের অপর প্রান্তে একটি গ্রাহক পাত্র যুক্ত করা হয়, গ্রাহক পাত্রের পার্শ্বনলের সঙ্গে অনার্দ্র $CaCl_2$ পূর্ণ একটি রক্ষক নল যুক্ত করা হয় যাতে গ্রাহক পাত্রের ভিতরে জলীয় বাষ্প প্রবেশ করতে না পারে। বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে ফোঁটা ফোঁটা করে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপর ফেলা হয়। অতঃপর মিশ্রণটিকে 130°—140° সে. তাপমাত্রায় পাতিত করলে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়ে গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয় (যন্ত্রসজ্জা অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড প্রস্তুতির অনুরূপ)। পুনঃপাতন দ্বারা ইহা বিশুদ্ধ করা হয়।

3H.6 ধর্ম (Properties)

A. **ভৌতধর্ম** (Physical properties) ঃ (1) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বর্ণহীন প্রশম তরল পদার্থ ; (2) এর স্ফুটনাঙ্ক 139° সে. ; (3) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ইথার, অ্যাসিটোন ও বেঞ্জিনে দ্রাব্য। জল ও অ্যালকোহলের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে।

B. **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া** (Chemical properties and Reactions) ঃ

(i) **আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ** অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড শীতল জলে ধীরে ধীরে এবং গরম জলে দ্রুত আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণে এই আর্দ্র-বিশ্লেষণ সহজতর হয়।

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড}}{CH_3CO.O.COCH_3} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{2CH_3COOH}$$

(ii) **অ্যালকোহলিসিস ঃ** অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ঃ

$$(CH_3CO)_2O + C_2H_5OH \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOC_2H_5} + CH_3COOH$$

(iii) **অ্যাসিটাইলেশন ঃ** —OH, —NH_2, —NHR মূলক যুক্ত যৌগের সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন হয়। অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড অ্যালকোহল, ফেনল ও অ্যামিনকে অ্যাসিটাইলেট করে—যৌগগুলির অক্সিজেন বা নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত H পরমাণু অ্যাসিটাইল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়া অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়া থেকে কম তীব্রতার সঙ্গে ঘটে। অ্যাসিটাইলেশন বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের থেকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড বেশী উপযোগী কারণ এর দাম কম এবং জলীয় বাষ্প একে অত সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করতে পারে না।

$$\underset{\text{ফেনল}}{C_6H_5OH} + CH_3CO.O.COCH_3 \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইল অ্যাসিটেট}}{C_6H_5O.COCH_3} + CH_3COOH$$

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} + CH_3CO.O.COCH_3 \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যানিলাইড}}{C_6H_5NH.CO.CH_3} + CH_3COOH$$

(iv) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিট্যামাইড ও অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে ঃ

$$(CH_3CO)_2O + 2NH_3 \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} + \underset{\text{অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONH_4}$$

(v) শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$(CH_3CO)_2O + HCl \longrightarrow CH_3COCl + CH_3COOH$$

$$(CH_3CO)_2O + PCl_5 \longrightarrow 2CH_3COCl + POCl_3$$

(vi) বিজারণ ঃ সোডিয়াম পারদ-সংকর অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে অ্যাসিট্যালডিহাইডে বিজারিত করে ঃ

$$(CH_3CO)_2O + 4[H] \xrightarrow{Na\text{-}Hg} 2CH_3CHO + H_2O$$

লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডকে ইথানলে বিজারিত করে ঃ

$$(CH_3CO)_2O + 8[H] \xrightarrow{LiAlH_4} 2CH_3CH_2OH + H_2O$$

(vii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন বা যৌগকে অ্যারাইল মিথাইল কিটোন জাতকে পরিণত করে। যথা বেনজিনের সঙ্গে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় মিথাইল ফিনাইল কিটোন উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6 + (CH_3CO)_2O \xrightarrow[AlCl_3]{\text{অনার্দ্র}} \underset{\text{মিথাইল ফিনাইল কিটোন}}{C_6H_5COCH_3} + CH_3COOH$$

ব্যবহার (Uses) ঃ (i) রেয়ন, বার্নিশ, সেলুলোজ অ্যাসিটেট, অ্যাস্পিরিন উৎপাদনে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়। (ii) জৈব সংশ্লেষণে অ্যাসিটাইলেসন করতে ইহার ব্যবহার আছে। (iii) জৈব যৌগে —OH মূলকের সংখ্যা নির্ণয়ে ইহা ব্যবহার করা হয়।

ইথাইল অ্যাসিটেট
$CH_3COOC_2H_5$

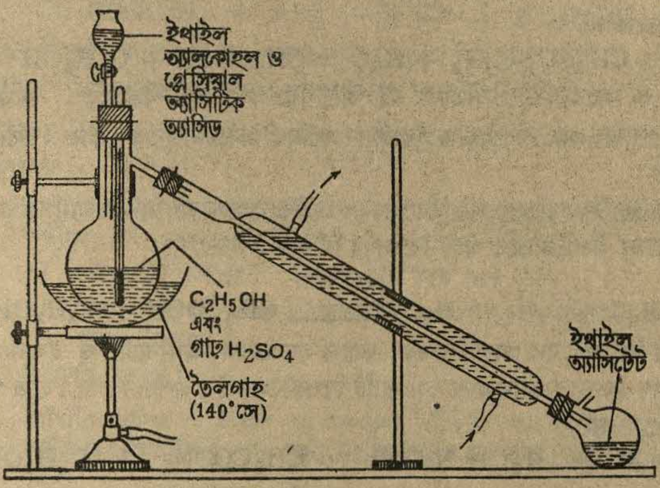
31.1 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি ঃ (1) রাসায়নাগারে সাধারণত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভূমিকা দ্বিবিধ, প্রথমত বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জলকে সালফিউরিক অ্যাসিড শোষণ করে সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করে, দ্বিতীয়ত অ্যাসিডের H^+ আয়ন বিক্রিয়াটিতে অনুঘটকের কাজ করে।

$$\underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \rightleftharpoons CH_3\text{-}COO\text{-}C_2H_5 + H_2O$$

পদ্ধতি ঃ বিন্দুপাতী ফানেল, থার্মোমিটার ও লিবিগ শীতকযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে 1 : 1 অনুপাতে ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ নেওয়া হয়। শীতকের

অপর প্রান্তে একটি গ্রাহক পাত্র যুক্ত করা হয়। ফ্লাস্কটিকে তৈলগাহে 140° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় এবং গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের 1 . 1 আনুপাতিক মিশ্রণ বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ধীরে ধীরে ফ্লাস্কের মধ্যে যোগ করা হয়। উৎপন্ন ইথাইল অ্যাসিটেট



চিত্র 31.1 ঃ ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতি

বাষ্পাকারে নির্গত হয়ে শীতকে ঘনীভূত হয়ে তরলরূপে গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয় (চিত্র 31.1)। যে হারে ইথাইল অ্যাসিটেট গ্রাহক পাত্রে জমা হয় সেই হারেই ইথাইল অ্যালকোহল গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিশ্রণটি বিন্দুপাতী ফানেল থেকে যোগ করা হয়।

গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত ইথাইল অ্যাসিটেটের সঙ্গে অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ইথার, সালফিউরাস অ্যাসিড ও জল অবিশুদ্ধিরূপে মিশ্রিত থাকে। এই অবিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট একটি পৃথকীকরণ ফানেলে (separating funnel) নিয়ে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকালে অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং অন্য অ্যাসিড প্রশমিত হয়। ফানেলে দুটি স্তরের সৃষ্টি হয়—উপরের স্তরটি ইথাইল অ্যাসিটেটের। জলীয় স্তরের উপরে ভাসমান জৈব স্তরটি পৃথক করে তাতে অনার্দ্র $CaCl_2$ যোগ করে আবার ঝাঁকানো হয়, এতে জল ও ইথাইল অ্যালকোহল অপসারিত হয়। এখন এই তরলকে জলগাহ থেকে 74°—79° সে. উষ্ণতায় পুনঃপাতিত করে বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট সংগ্রহ করা হয়।

(2) ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়ার দ্বারাও ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$C_2H_5OH + CH_3COCl \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$$
$$C_2H_5OH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$$

(3) সিলভার অ্যাসিটেটকে ইথাইল আয়োডাইড সহ উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায় ঃ

$$CH_3COO\boxed{Ag \quad + \quad I}C_2H_5 \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + AgI$$

সিলভার অ্যাসিটেট   ইথাইল আয়োডাইড   ইথাইল অ্যাসিটেট

এই পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যাসিটেটের উৎপাদন বেশ ভাল। কিন্তু পদ্ধতিটি খুবই খরচসাপেক্ষ।

31.2 ধর্ম (Properties)

A. ভৌত ধর্ম (Physical properties) ঃ (1) ইথাইল অ্যাসিটেট সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল। (2) এর স্ফুটনাঙ্ক 77°সে.। (3) ইহা জলে অদ্রবণীয় এবং জল থেকে হাল্কা কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে দ্রবণীয়।

B. রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (Chemical properties and reactions)

(1) আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis) : ইথাইল অ্যাসিটেট জল দ্বারা ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথানলে পরিণত হয়। শুধু জলে ফুটালেও এই বিক্রিয়াটি অতি ধীর গতিতে ঘটে :

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + C_2H_5OH$$

অ্যাসিড ও ক্ষারের উপস্থিতিতে এই আর্দ্র-বিশ্লেষণ ত্বরান্বিত হয়। খনিজ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন এবং ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়ন অনুঘটকরূপে কাজ করে বিক্রিয়াটিকে ত্বরান্বিত করে।

অ্যাসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ সংঘটিত করলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথানল উৎপন্ন হয়। অ্যাসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়াটি উভমুখী :

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \xrightleftharpoons{\text{লঘু HCl}} CH_3COOH + C_2H_5OH$$

ক্ষারের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও ইথানল উৎপন্ন হয়। অ্যাসিডের লবণ উৎপন্ন হওয়ার ফলে বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী (এস্টারীভবন) হতে পারে না ফলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়।

$$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম অ্যাসিটেট}}{CH_3COONa} + C_2H_5OH$$

ক্ষারীয় দ্রবণ দ্বারা এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়াকে **সাবানীভবন** বিক্রিয়া (Saponification reaction) বলে।

[উচ্চ আণবিক ওজনের ফ্যাটি অ্যাসিড যেমন স্টিয়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড, ওলেয়িক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ঘটিত লবণ হল সাবান। তেল বা চর্বি জাতীয় পদার্থের ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে এই সাবান উৎপন্ন হয়। তেল বা চর্বি প্রকৃতপক্ষে উল্লেখিত অ্যাসিডগুলির গ্লিসারাইড এস্টার এবং এই বিক্রিয়াটি আসলে এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ। যেহেতু ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে সাবান পাওয়া যায় তাই এস্টারের ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়াটি **সাবানীভবন** বিক্রিয়া নামে পরিচিত।]

প্রশ্ন : 31.1 অ্যাসিডের উপস্থিতিতে এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া উভমুখী কিন্তু ক্ষারের উপস্থিতিতে এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণ একমুখী, কেন ?

(2) ইথাইল অ্যাসিটেটের সঙ্গে **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের** বিক্রিয়ায় অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH_3COOC_2H_5 + PCl_5 \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড}}{CH_3COCl} + \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{C_2H_5Cl} + \underset{\text{ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড}}{POCl_3}$$

(3) **অ্যামোনোলিসিস** (Ammonolysis) : ইথাইল অ্যাসিটেট ও গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ তীব্রভাবে ঝাঁকালে অ্যাসিট্যামাইড ও ইথানল উৎপন্ন হয়, অ্যাসিট্যামাইড দ্রবণ থেকে কেলাসিত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই বিক্রিয়াকে অ্যামোনোলিসিস বিক্রিয়া (Ammonolysis) বলে।

$$CH_3COOC_2H_5 + NH_3 \rightleftharpoons \underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} + C_2H_5OH$$

(4) **বিজারণ** (Reduction) : ধাতব সোডিয়াম ও অ্যালকোহল সহযোগে উত্তপ্ত করলে ইথাইল অ্যাসিটেট বিজারিত হয়ে দুটি অ্যালকোহল অণুতে পরিণত হয়। এস্টারের এই বিজারণ পদ্ধতিকে **বুভো-ব্ল্যাক বিজারণ** (Bouveault-Blanc reduction) বলা হয়।

$$CH_3COOC_2H_5 + 4[H] \xrightarrow{Na/C_2H_5OH} CH_3CH_2OH + C_2H_5OH$$

লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ইথাইল অ্যাসিটেটকে বিজারিত করে দুই অণু ইথানল উৎপন্ন করে ঃ

$$CH_3COOC_2H_5 + 4[H] \xrightarrow{LiAlH_4} 2C_2H_5OH$$

[আগেই উল্লেখ করা হয়েছে অ্যাসিডের অ্যালকোহলে বিজারণ দুরূহ। এস্টার উৎপন্ন করে বিজারণের মাধ্যমে পরোক্ষভাবে অ্যাসিডকে অ্যালকোহলে বিজারিত করা যায়।]

ব্যবহার ঃ (i) দ্রাবক হিসেবে ইথাইল অ্যাসিটেট ব্যবহৃত হয়। (ii) সুগন্ধি হিসেবেও ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্ন ঃ 31.2 ইথাইল অ্যাসিটেট 10% NaOH দ্রবণ সহযোগে আধঘণ্টা রিফ্লাক্স করা হল এবং তারপর পাতন করা হল।

(i) পাতিতাংশে কি থাকে? কিভাবে পদার্থটিকে সনাক্ত করবে?

(ii) পাতন ফ্লাস্কের তরলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করে তরলটি অম্লায়িত করা হল। ফ্লাস্কে কি থাকে?

বিক্রিয়াটি কি ঘটে?

31.3 অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়াটির সঙ্গে (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের, (ii) অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ার তুলনা কর।

31.4 লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ও এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণের মধ্যে সাদৃশ্য-বৈসাদৃশ্য কি?

31.5 একটি বিক্রিয়া বল যার সাহায্যে ইথাইল অ্যাসিটেট থেকে শুধু ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট
$CH_3CH_2HSO_4$

31.3 প্রস্তুতি (Preparation)

(i) ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের (1 : 1) আয়তনিক মিশ্রণ ফুটন্ত জলগাহে প্রায় এক ঘণ্টা ফুটিয়ে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightleftharpoons C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

(ii) অতিরিক্ত পরিমাণ শীতল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ইথিলিন গ্যাস চালনা করলে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{CH_3CH_2.HSO_4}$$

31.4 ধর্ম (Properties)

A. **ভৌত ধর্ম (Physical properties) ঃ** (i) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ভারী তৈলাক্ত তরল পদার্থ। (ii) ইহা একটি একক্ষারকীয় আম্লিক এস্টার। (iii) ইহা জলে দ্রাব্য।

B. **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া (Chemical properties and reactions) ঃ**

(i) ইহা সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে ঃ

$$\underset{\text{ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট}}{2C_2H_5HSO_4} + Na_2CO_3 \longrightarrow 2C_2H_5NaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

(ii) ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে 140°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ডাইইথাইল ইথার উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH \xrightarrow{140^\circ\text{সে.}} \underset{\text{ডাইইথাইল ইথার}}{C_2H_5{-}O{-}C_2H_5} + H_2SO_4$$

(iii) ইহা জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে ইথাইল অ্যালকোহল ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ঃ

$$C_2H_5HSO_4 + H_2O \longrightarrow C_2H_5OH + H_2SO_4$$

(iv) নিম্নচাপে পাতিত করলে ডাইইথাইল সালফেটে পরিণত হয় ঃ

$$2C_2H_5HSO_4 \xrightarrow[\text{পাতন}]{\text{নিম্নচাপে}} \underset{\text{ডাইইথাইল সালফেট}}{(C_2H_5)_2SO_4} + H_2SO_4$$

(v) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা একাকী উত্তপ্ত করলে ইথিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_2H_5HSO_4 \xrightarrow{170^\circ\text{সে.}} \underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + H_2SO_4$$

ব্যবহার (Uses) ঃ ইথার, ডাইইথাইল সালফেট, ইথিলিন প্রস্তুতিতে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ব্যবহৃত হয়।

● রূপান্তরিতকরণ

কোন জৈব যৌগকে অপর কোন জৈব যৌগে রূপান্তরিতকরণের সময় তিনটি ঘটনা ঘটতে পারে ঃ

(1) প্রাথমিক জৈব পদার্থ এবং উৎপন্ন জৈব পদার্থে কার্বন পরমাণু সংখ্যা **একই** থাকে।

(2) প্রাথমিক জৈব পদার্থ থেকে উৎপন্ন জৈব পদার্থে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা **বৃদ্ধি** পায়।

(3) প্রাথমিক জৈব পদার্থ থেকে উৎপন্ন জৈব পদার্থে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা **হ্রাস** পায়।

কার্বন পরমাণু-সংখ্যা **বৃদ্ধির** জন্য অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া হল $-CN$ গ্রুপ প্রবেশ করানোর বিক্রিয়া। যেমন,

(1) $RX \xrightarrow{KCN} RCN$

(2) $RCOX \xrightarrow{KCN} RCOCN$

(3) $RCHO \xrightarrow{HCN} RCH(OH)CN$

আমরা আগের অধ্যায়গুলিতেও কার্বন পরমাণু-সংখ্যা হ্রাস পায় এমন বিক্রিয়া দেখেছি। যেমন,

(1) $RCOONa \xrightarrow[\Delta]{NaOH,\ CaO} RH$

(2) $RCOCH_3 \xrightarrow[\Delta]{X_2/NaOH} RCOONa \quad [X_2 = Cl_2, Br_2, I_2]$

আবার এই অধ্যায়েও এমন গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া দেখবে যেখানে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পায়। যেমন,

(1) $RCONH_2 \xrightarrow{Br_2/NaOH} RNH_2$ [হফম্যান অবনয়ন বিক্রিয়া।]

(2) $RCOOAg \xrightarrow[\Delta]{X_2/CCl_4} RX$ [হুনসডিকার বিক্রিয়া।]

সুতরাং আমরা অধীত বিক্রিয়াগুলির সুষ্ঠু প্রয়োগের মাধ্যমে **নিম্নতর সমগণকে উচ্চতর সমগণে** এবং **উচ্চতর সমগণকে নিম্নতর সমগণে** রূপান্তরিত করতে পারি (Ascending and descending a homologous series) নীচে এই সম্পর্কিত কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল ঃ

[এখানে একটা কথা মনে রাখা দরকার। এই রূপান্তরিতকরণের সময় নাইট্রোজেনযুক্ত গ্রুপ বা হ্যালোজেন পরমাণু অনেক সময় প্রবেশ করাতে হয় এবং ফলে এদের দূরীকরণ প্রয়োজন হয়।

নাইট্রোজেন ঘটিত গ্রুপকে $—NH_2$ গ্রুপে পরিবর্তিত করে নীচের বিক্রিয়ার সাহায্যে সহজেই দূর করা যায় ঃ

$$RNH_2 \xrightarrow[\text{[}HNO_2\text{]}]{NaNO_2/HCl} ROH + N_2$$

হ্যালোজেন পরমাণুকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বা ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন বিক্রিয়ার মাধ্যমে দূর করা যায়।]

উদাহরণ ঃ (1) অ্যালকিন শ্রেণী

উন্নয়ন

ইথিন→প্রপিন

$CH_2=CH_2$ (ইথিন)
$\xrightarrow{HI}$ CH_3CH_2I (আয়োডোইথেন)
$\xrightarrow{KCN}$ CH_3CH_2CN (সায়ানোইথেন)
$\xrightarrow{Na/C_2H_5OH \text{ [বিজারণ]}}$ $CH_3CH_2CH_2NH_2$ (1-অ্যামিনোপ্রপেন)
$\xrightarrow{NaNO_2/HCl \ (HNO_2)}$ $CH_3CH_2CH_2OH$ (1-প্রপানল)
$\xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4\text{, উত্তাপ বা } Al_2O_3 \ (350° \text{ সে.})}$ $CH_3CH=CH_2$ (প্রপিন)

অবনমন

প্রপিন→ইথিন

$CH_3CH=CH_2$ (প্রপিন)
$\xrightarrow{HI}$ $CH_3CHI\ CH_3$ (2-আয়োডোপ্রপেন)
$\xrightarrow{\text{জলীয় } NaOH}$ $CH_3CH(OH)CH_3$ (2-প্রপানল)
$\xrightarrow{Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4 \text{ উত্তাপ [জারণ]}}$ CH_3COOH (ইথানোয়িক অ্যাসিড)
$\xrightarrow{NH_3}$ CH_3COONH_4 (অ্যামোনিয়াম ইথানোয়েট)
$\xrightarrow{\text{নির্জল পাতন } [-H_2O]}$ CH_3CONH_2 (ইথান্যামাইড)
$\xrightarrow{Na/C_2H_5OH \text{ [বিজারণ]}}$ $CH_3CH_2NH_2$ (অ্যামিনোইথেন)
$\xrightarrow{NaNO_2/HCl \ [HNO_2]}$ CH_3CH_2OH (ইথানল)
$\xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \ 170° \text{ সে.}}$ $CH_2=CH_2$ (ইথিন)

অথবা:

$CH_3CH=CH_2$ (প্রপিন)
$\xrightarrow[(1)\ Zn/H_2O]{(1)\ O_3}$ CH_3CHO (ইথান্যাল)
$\xrightarrow{Na/C_2H_5OH}$ CH_3CH_2OH (ইথানল)
$\xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \ 170° \text{ সে.}}$ $CH_2=CH_2$ (ইথিন)

অ্যালকাইন শ্রেণী

উন্নয়ন ঃ ইথাইন (অ্যাসিটিলিন) ⟶ প্রপাইন (মিথাইল-অ্যাসিটিলিন)

$HC\equiv CH$ (অ্যাসিটিলিন)
$\xrightarrow{NaNH_2 \text{ (নিয়ন্ত্রিত বিক্রিয়া)}}$ $HC\equiv C^{\ominus}Na^{\oplus}$ (সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড)
$\xrightarrow{CH_3I}$ $HC\equiv CCH_3$ (মিথাইল অ্যাসিটিলিন)

(অনুরূপভাবে মিথাইল অ্যাসিটিলিন থেকে 2-বিউটাইন প্রস্তুত করা যায়।)

(2) অ্যালকোহল শ্রেণী

উন্নয়ন

মিথানল ⟶ ইথানল

CH_3OH (মিথানল)
↓ I_2/লাল P
CH_3I (আয়োডোমিথেন)
↓ KCN (অ্যালকোহলীয়), উত্তাপ
CH_3CN (সায়ানোমিথেন)
↓ Na/C_2H_5OH [বিজারণ]
$CH_3CH_2NH_2$ (অ্যামিনোইথেন)
↓ $NaNO_2/HCl$ [HNO_2]
CH_3CH_2OH (ইথানল)

অবনয়ন

ইথানল ⟶ মিথানল

CH_3CH_2OH (ইথানল)
↓ $Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ [জারণ]
CH_3COOH (ইথানোয়িক অ্যাসিড)
↓ $(NH_4)_2CO_3$
CH_3COONH_4 (অ্যামোনিয়াম ইথানোয়েট)
↓ নির্জল পাতন [$-H_2O$]
CH_3CONH_2 (ইথান্যামাইড)
↓ Br_2/KOH [হফম্যান অবনয়ন]
CH_3NH_2 (অ্যামিনোমিথেন)
↓ $NaNO_2/HCl$ [HNO_2]
CH_3OH (মিথানল)

অবনয়ন পদ্ধতিসমূহ (Degradation Methods)—অবনয়নের জন্য নীচের বিক্রিয়াগুলি ব্যবহার করা যায় ঃ

(1) $RCOOH \xrightarrow[\Delta]{NaOH/CaO} R\text{-}H$ (ডিকার্বক্সিলেসন বিক্রিয়া)
(RCOOH = কার্বক্সিলিক অ্যাসিড; R-H = অ্যালকেন)

(2) RCOOH, RCOCl, RCOOR $\xrightarrow[\text{(হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড)}]{HN_3} RNH_2$

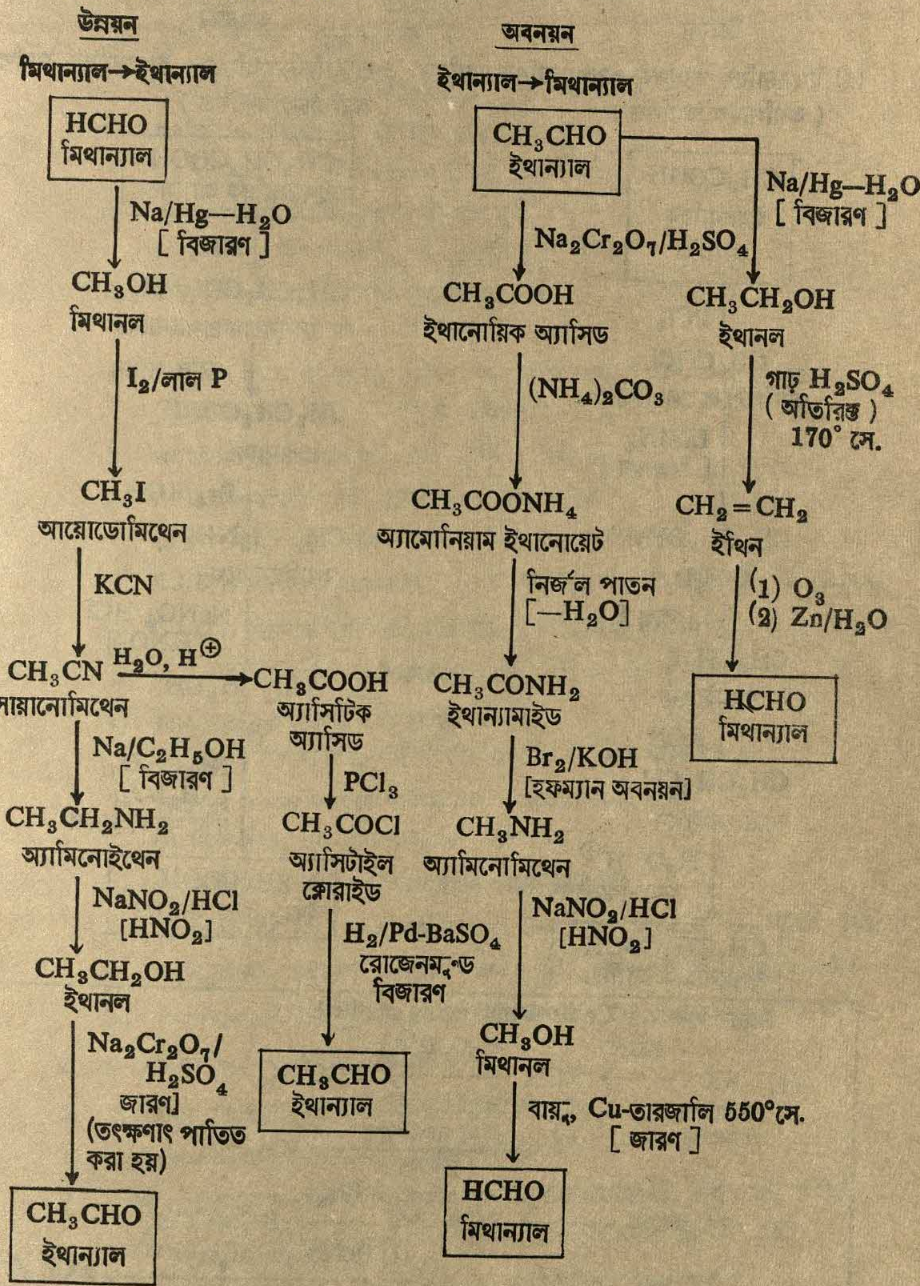
(3) $RCONH_2 \xrightarrow[\Delta]{Br_2/NaOH} RNH_2$ (হফম্যান অবনয়ন)
($RCONH_2$ = অ্যামাইড; RNH_2 = অ্যামিন)

(4) $RCOOAg \xrightarrow[\Delta]{X_2/CCl_4} R{-}X$ (হুনসডিকার বিক্রিয়া)
(X=হ্যালোজেন)

(5) $RCOCH_3 \xrightarrow[\Delta]{X_2/NaOH} RCOONa$ (হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া)
(X=Cl, Br, I)

(6) $RCOCl \xrightarrow[\Delta]{Ag_2O,\ X_2} R{-}X$
(RCOCl = অ্যাসিড ক্লোরাইড; R—X = অ্যালকেন)

(৪) অ্যালডিহাইড শ্রেণী



(4) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড শ্রেণী

উন্নয়ন

(1) ইথানোয়িক অ্যাসিড → প্রপানোয়িক অ্যাসিড
(অ্যাসিটিক অ্যাসিড)

CH_3COOH ইথানোয়িক অ্যাসিড

$\downarrow PCl_3$

CH_3COCl অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড

$\downarrow LiAlH_4$ [বিজারণ]

CH_3CH_2OH ইথানল

$\downarrow I_2$/লাল P

CH_3CH_2I আয়োডাইথেন

$\downarrow KCN$

CH_3CH_2CN সায়োনোইথেন

$\downarrow H_2O, H^{\oplus}$ [আর্দ্র-বিশ্লেষণ]

CH_3CH_2COOH প্রপানোয়িক অ্যাসিড

অবনয়ন

প্রপানোয়িক অ্যাসিড → ইথানোয়িক অ্যাসিড
(অ্যাসিটিক অ্যাসিড)

CH_3CH_2COOH প্রপানোয়িক অ্যাসিড

$\downarrow NH_3$

$CH_3CH_2COONH_4$ অ্যামোনিয়াম প্রপানোয়েট

$\downarrow$ নির্জল পাতন

$CH_3CH_2CONH_2$ প্রপান্যামাইড

$\downarrow Br_2/KOH$

$CH_3CH_2NH_2$ অ্যামিনোইথেন

$\downarrow NaNO_2/HCl$ $[HNO_2]$

CH_3CH_2OH ইথানল

$\downarrow Na_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ দীর্ঘস্থায়ী জারণ

CH_3COOH ইথানোয়িক অ্যাসিড

উন্নয়ন পদ্ধতি (Chain lengthening methods) :

(1) $RX \xrightarrow{KCN} RCN \xrightarrow[\text{(আর্দ্রবিশ্লেষণ)}]{H_2O,\ H^{\oplus}} RCOOH$
RX = অ্যালকিল হ্যালাইড
$RCN \xrightarrow[\text{(বিজারণ)}]{\text{Na/অ্যালকোহল}} RCH_2NH_2$

(2) $RC\equiv CH \xrightarrow{Na\backslash H_2} RC\equiv \overset{-}{C}\overset{+}{Na} \xrightarrow{CH_3I} RC\equiv CCH_3$

(3) $RX \xrightarrow{Mg} RMgX$ — $\xrightarrow{(1)\ HCHO\ \ (2)\ H_3O^{\oplus}} RCH_2OH$; — $\xrightarrow{(1)\ CO_2\ \ (2)\ H_3O^{\oplus}} RCOOH$

(4) $RCHO \xrightarrow{HCN} RCH(OH)CN \xrightarrow[\Delta]{H_3O^{\oplus}} RCH(OH)COOH$

(5) $RCOOH \xrightarrow{PCl_5} RCOCl \xrightarrow[\text{(ডায়াজোমিথেন)}\ (2)\ Ag_2O,\ H_2O]{(1)\ CH_2N_2} RCH_2COOH$

অনুশীলনী

1. (a) ফ্যাটি অ্যাসিডের সাধারণ সংকেত হল

   (i) $C_nH_{2n}O_2$, (ii) $C_nH_{2n+1}O_2$, (iii) $C_nH_{2n+2}O_2$

   (b) কার্বক্সিলিক এস্টারের সাধারণ সঙ্কেত হল

   (i) $C_nH_{2n}O_2$, (ii) $C_nH_{2n+1}O_2$, (iii) $C_nH_{2n+2}O_2$

   (c) ফ্যাটি অ্যাসিডে উপস্থিত কার্যকারী গ্রুপ হল

   (i) COOH, (ii) SO_3H, (iii) ফিনোলিক –OH

   (d) কার্বক্সিলিক এস্টারে উপস্থিত কার্যকরী গ্রুপ হল

   (i) –COOR, (ii) CN, (iii) COOH

   (e) সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও কার্বক্সিলিক এস্টারের সংকেত

   (i) অভিন্ন, (ii) ভিন্ন, (iii) অভিন্ন হতেও পারে, নাও পারে

   (f) কার্বক্সিলিক গ্রুপের যোজ্যতা (i) 0, (ii) 1, (ii) 2

   (g) IUPAC পদ্ধতিতে ফ্যাটি অ্যাসিডের শ্রেণী প্রত্যয় হল

   (i) ইক অ্যাসিড, (ii) ওয়িক অ্যাসিড, (iii) অ্যানোয়িক অ্যাসিড

   (h) C-3 ফ্যাটি অ্যাসিডের সংকেত হল (i) $C_3H_6O_2$, (ii) C_3H_6O, (iii) $C_3H_8O_2$

   (i) C-4 ফ্যাটি অ্যাসিডে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা হল (i) 4, (ii) 8, (iii) 10

   (j) ফ্যাটি অ্যাসিডে আয়নীয় হাইড্রোজেনের সংখ্যা (i) 0, (ii) 1, (iii) 2

   (k) অ্যালডিহাইডের জারণের ফলে উৎপন্ন হয়

   (i) কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, (ii) কার্বক্সিলিক এস্টার, (iii) জারণ হয় না।

   (l) কিটোনের জারণের ফলে যে অ্যাসিড উৎপন্ন তাতে কার্বনের সংখ্যা

   (i) সমান থাকে, (ii) হ্রাস পায়, (iii) বৃদ্ধি পায়

   (m) অ্যাসিট্যামাইডকে HCl সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়ার গন্ধ

   (i) পাওয়া যায়, (ii) পাওয়া যায় না, (iii) উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায় না, ফুটালে পাওয়া যায়

   (n) $C_2H_5HSO_4$ হল একটি (i) জৈব এস্টার, (ii) অজৈব লবণ, (iii) অজৈব এস্টার

   (o) অ্যাসিট্যামাইডে HNO_2 যোগ করলে নির্গত হয় (i) N_2, (ii) CO_2, (iii) CO

2. সাবানীভবন কি ? –একটি উদাহরণ দাও।

3. কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতির তিনটি সাধারণ সমীকরণ দাও।

4. কার্বক্সিলিক এস্টার প্রস্তুতির তিনটি সাধারণ সমীকরণ দাও।

5. ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ও ডাই-ইথাইল সালফেটের গঠন দেখাও। এরা কোন্ শ্রেণীভুক্ত ?

6. কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের হাইড্রক্সিলিক H প্রতিস্থাপনের একটি বিক্রিয়া দাও।

7. (i) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের OH প্রতিস্থাপনের দুটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

   (ii) কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের কার্বনিল মূলকের একটি বিক্রিয়া দাও।

8. অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার প্রস্তুতিতে গাঢ় H_2SO_4-এর ভূমিকা কি ? গাঢ় H_2SO_4-এর পরিবর্তে অন্য কিছু ব্যবহার করা যায় কি ?

9. ফ্যাটি অ্যাসিডের অ্যালকিলমূলকের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনের একটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

10. ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করবে কিভাবে ?

11. অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ফরমিক অ্যাসিডের মধ্যে পার্থক্য কিভাবে করা যায় ?

12. কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের অপেক্ষাকৃত উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ?

13. অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে নীচের বিকারকগুলির বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও : (i) PCl_5, (ii) $SOCl_2$, (iii) NH_3, (iv) গাঢ় H_2SO_4.

14. (i) সিলভার ফরমেট, (ii) সোডিয়াম ফরমেট, (iii) ক্যালসিয়াম ফরমেট উত্তপ্ত করলে কি হয় ?

[উঃ (i) $2HCOOAg = 2Ag + HCOOH + CO_2$

(ii) $NaOOC\boxed{H + H}COONa \longrightarrow \begin{array}{l} COONa \\ | \\ COONa \end{array} + H_2$

সোডিয়াম অক্সালেট

(iii) $\begin{array}{l} HCOO \\ HCOO \end{array}\!\!>Ca \longrightarrow HCHO + CaCO_3$]

15. ফরমিক অ্যাসিডকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে কি হয় ?

16. গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি ?

17. অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে কি ভাবে প্রস্তুত করবে :

(i) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, (ii) অ্যাসেট্যামাইড, (iii) ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড, iv) ইথাইল অ্যাসিটেট।

18. অ্যাসিড অ্যামাইড থেকে 1টি কম কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী অ্যামিনের প্রস্তুতির সমীকরণ দাও।

19. **নীচের প্রস্তুতিগুলির সমীকরণ দাও :**

(i) অ্যাসিটিলিন থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড, (ii) মিথানল থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড, (iii) অক্সালিক অ্যাসিড থেকে ফরমিক অ্যাসিড, (iv) ইথাইল অ্যালকোহল থেকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড, (v) ইথানল থেকে প্রপিওনিক অ্যাসিড।

20. হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আণবিক সংযোগের ইলেকট্রনীয় সংকেত দেখাও।

21. ইথাইল অ্যালকোহল থেকে অ্যাসিটোন, ইথেন, মিথেন, ক্লোরাল, ডাই-ইথাইল কিটোন, ইথাইল অ্যাসিটেট, অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, ট্রাই-ক্লোরো অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত কর।

22. বিউটানোনের হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় কোন্ অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ?

23. কোন্ কিটোনের হ্যালোফর্ম বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ?

24. যে যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের ডিকার্বক্সিলেসনের ফলে প্রপেন উৎপন্ন হয় তাদের গঠন লেখ।

25. কোন্ অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রপিওনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ?

26. 88 প্রশমন তুল্যাঙ্ক সম্পন্ন অ্যাসিডের কি কি গঠন হতে পারে ?

27. **নীচের বিক্রিয়াগুলিতে উৎপন্ন পদার্থের গঠন ও নাম লেখ :**

(a) $C_2H_5OH \xrightarrow{\text{লাল } P/I_2} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow[(H^+)]{H_2O} C$

(b) $CH_3COOH \xrightarrow{CaCO_3} A \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} B \xrightarrow{NH_2OH} C$

(c) $CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow[(H^+)]{H_2O} C$

(d) $C_2H_5OH \xrightarrow{\text{জারণ}} A \xrightarrow{\text{জারণ}} B \xrightarrow[(H^+)]{C_2H_5OH} C$

(e) $CH_3COOH \xrightarrow[\Delta]{C_2H_5OH,\ H^{\oplus}} A \xrightarrow{\text{Na/অ্যালকোহল}} B$

(f) $CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow{HBr} A \xrightarrow[\text{(ether)}]{Mg} B \xrightarrow[(2)\ HCl]{(1)\ CO_2} C$

(g) $CH_3COOH \xrightarrow{AgNO_3} A \xrightarrow[\Delta]{Br_2/CCl_4} B$

(h) $CH_3COOH \xrightarrow{PCl_3} A \xrightarrow{NH_3} B$

(i) $HCOONa \xrightarrow{\Delta} A \xrightarrow{H_2O,\ H^{\oplus}} B \xrightarrow{PCl_5} C$

28. অ্যালকোহলেও OH গ্রুপ আছে, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডেও OH গ্রুপ আছে। একটি বিক্রিয়া দিয়ে দুটি OH গ্রুপের মধ্যে পার্থক্য দেখাও।

29. কিটোনে ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে C=O গ্রুপ আছে। একটি বিক্রিয়া দিয়ে দুটি C=O গ্রুপের পার্থক্য দেখাও।

30. **টীকা লেখ ঃ**

(i) হফম্যান বিক্রিয়া, (ii) এস্টারীফিকেসন বিক্রিয়া, (iii) সাবানীভবন, (iv) অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া।

31. ফরমিক অ্যাসিড কি ভাবে প্রস্তুত করা যায়? ফরমিক অ্যাসিডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর। কয়েকটি বিক্রিয়া দিয়ে ফরমিক অ্যাসিডের সঙ্গে অন্যান্য ফ্যাটি অ্যাসিডের পার্থক্য দেখাও।

32. অ্যাসিটিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? অ্যাসিটিক অ্যাসিডের ধর্ম, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

33. একটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিডের গঠন ও নাম লেখ। একটি এক ক্ষারকীয় অ্যাসিড থেকে যৌগটির প্রস্তুতি বর্ণনা কর।
দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিডটির ধর্ম ও বিক্রিয়ার বর্ণনা দাও। এর ব্যবহার উল্লেখ কর।

34. অক্সালিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? কিভাবে প্রমাণ করবে এটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড? অক্সালিক অ্যাসিডের ভৌত ধর্ম. রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ব্যবহারের বিবরণ দাও।

35. (a) চারটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড সঞ্জাত যৌগের গঠন ও নাম লেখ। (b) একটি করে জৈব ও অজৈব এস্টারের গঠন ও নাম লেখ।

36. অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এর মুখ্য ধর্ম, বিক্রিয়া ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

37. অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? এর মুখ্য ধর্ম. বিক্রিয়া ও ব্যবহারের বর্ণনা দাও।

38. অ্যাসিট্যামাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এর মুখ্য ধর্ম বিক্রিয়া ও ব্যবহার উল্লেখ কর। অ্যাসিট্যামাইড ও অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের মধ্যে পার্থক্য করবে কি ভাবে ?

39. পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতির বর্ণনা দাও। ইথাইল অ্যাসিটেটের (i) আর্দ্র-বিশ্লেষণ, (ii) বিজারণ, (iii) PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়া, (iv) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া আলোচনা কর। ইথাইল অ্যাসিটেটের ব্যবহার কি ?

40. ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট থেকে কিভাবে ইথাইল অ্যালকোহল, ডাই ইথাইল ইথার ও ইথিলিন পাওয়া যায়।

41. নীচে লিখিত বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও :
অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড কোন যৌগের (i) OH-এর হাইড্রোজেন, (ii) NH_2-এর হাইড্রোজেন, (iii) কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন CH_3CO গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত করে।

42. 0·4440 গ্রাম কোন মনোকার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করতে 30 মি.লি. 0·2000N সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রয়োজন হল। সোডিয়াম লবণটিকে পৃথক করে শুষ্ক অবস্থায় সোডালাইম সহ উত্তপ্ত করা হল। কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ?

[উঃ সংকেত : 30 মি.লি. 0·2000N NaOH দ্রবণ

$\equiv$ 6 মি.লি. 1N NaOH দ্রবণ

$\equiv$ 6 মি.লি. 1N অ্যাসিড দ্রবণ

$\therefore$ 1000 মি.লি. 1N অ্যাসিডে আছে $\frac{0{\cdot}4440\times1000}{6}$ গ্রাম বা, 74 গ্রাম অ্যাসিড

$\therefore$ অ্যাসিডটি হল CH_3CH_2COOH (তুল্যাঙ্কভার = আণবিক ওজন = 74), উৎপন্ন হয় ইথেন (CH_3CH_3)]



অ্যারোমেটিক যৌগ
[AROMATIC COMPOUNDS]

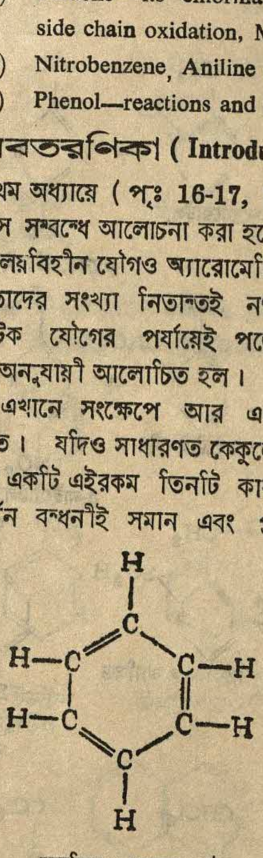


Syllabus : Chemistry of aromatic compounds :

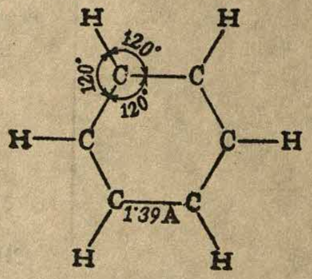
(a) Coal-tar distillation and isolation of benzene, toluene and phenol.
(b) Benzene and its following reactions—chlorination, nitration, sulphonation, Friedel Craft's reaction.
(c) Toluene—its chlorination (hydrolysis of chlorinated products included) and its side chain oxidation, Mention of ortho, meta and para positions,
(d) Nitrobenzene, Aniline and their reactions including diazo reaction,
(e) Phenol—reactions and uses.

4.1 অবতরণিকা (Introduction)

প্রথম অধ্যায়ে (পৃঃ 16-17, 18-19) অ্যারোমেটিক যৌগ কোনগুলি এবং তাদের কি বৈশিষ্ট্য সে সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। যদিও অ্যারোমেটিক যৌগের বর্তমান সংজ্ঞা অনুসারে বেনজিন বলয়বিহীন যৌগও অ্যারোমেটিক যৌগ হতে পারে, বেনজিন বলয়যুক্ত অ্যারোমেটিক যৌগের তুলনায় তাদের সংখ্যা নিতান্তই নগণ্য। অবশ্য অসমচক্র বা হেটারোসাইক্লিক যৌগসমূহও অ্যারোমেটিক যৌগের পর্যায়েই পড়ে। এখানে বেনজিন এবং বেনজিন-সঞ্জাত যৌগসমূহই পাঠ্যসূচী অনুযায়ী আলোচিত হল। বেনজিন বলয়ের গঠন (পৃঃ 16-17) আগেই আলোচনা করা হয়েছে। এখানে সংক্ষেপে আর একবার উল্লেখ করা হল। বেনজিন বলয়ের গঠন সুষম ষড়ভুজাকৃতি। যদিও সাধারণত কেকুলের গঠন দিয়ে বেনজিন বলয় প্রকাশ করা হয় এবং এই গঠনে একটি বাদে একটি এইরকম তিনটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনী আছে, বেনজিনের প্রকৃত গঠনে ছয়টি কার্বন-কার্বন বন্ধনীই সমান এবং প্রত্যেকটিরই আংশিক দ্বি-বন্ধনী চরিত্র আছে। বেনজিনের



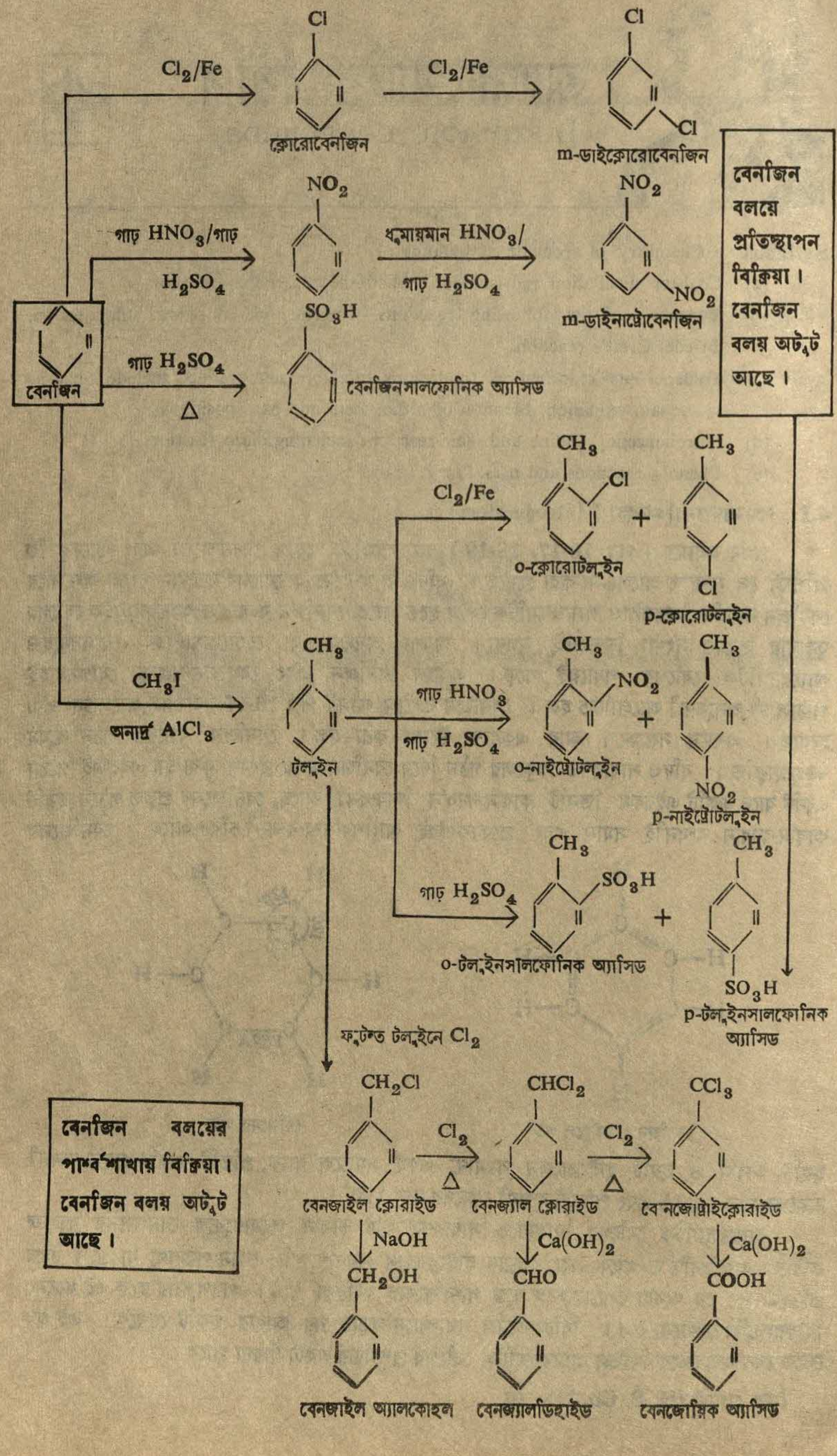
বেনজিন ঃ কেকুলে গঠন।



বেঞ্জিনের গঠন।

ছয়টি কার্বন ও ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু একই সমতলে থাকে, প্রতিটি কার্বন-কার্বন বন্ধনী দূরত্বের মান 1·39A এবং প্রতিটি বন্ধনী কোণের মান 120°।

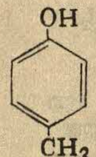
অ্যারোমেটিক যৌগের বিক্রিয়াতে সাধারণত ছটি কার্বন পরমাণুযুক্ত বেনজিনের ষড়ভুজ কাঠামো অপরিবর্তিত থাকে এবং বলয়ের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি কোন পরমাণু বা গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় অথবা বলয়ের সঙ্গে যুক্ত পার্শ্বশাখায় বিক্রিয়া ঘটে। পরপৃষ্ঠার ছকে এই ধরনের বিক্রিয়াগুলি দেখানো হল। বিক্রিয়াগুলি যথাস্থানে পড়ার পর আবার ছকটি দেখবে। এই ছক থেকে বেনজিন থেকে বিভিন্ন অ্যারোমেটিক যৌগের প্রস্তুতির একটা ধারণা পাবে।



Cl
Cl_2/Fe
ক্লোরোবেনজিন
Cl_2/Fe
Cl
Cl
m-ডাইক্লোরোবেনজিন
বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। বেনজিন বলয় অটুট আছে।
NO_2
গাঢ় HNO_3/গাঢ় H_2SO_4
ধূমায়মান HNO_3/ গাঢ় H_2SO_4
NO_2
NO_2
m-ডাইনাইট্রোবেনজিন
বেনজিন
গাঢ় H_2SO_4
Δ
SO_3H
বেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড
CH_3
Cl
Cl_2/Fe
+
CH_3
o-ক্লোরোটলুইন
Cl
p-ক্লোরোটলুইন
CH_3
CH_3I
অনার্দ্র $AlCl_3$
টলুইন
CH_3
NO_2
গাঢ় HNO_3
গাঢ় H_2SO_4
+
CH_3
o-নাইট্রোটলুইন
NO_2
p-নাইট্রোটলুইন
CH_3
SO_3H
গাঢ় H_2SO_4
+
CH_3
o-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিড
SO_3H
p-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিড
ফুটন্ত টলুইনে Cl_2
CH_2Cl
$CHCl_2$
CCl_3
Cl_2
Δ
Cl_2
Δ
বেনজিন বলয়ের পার্শ্বশাখায় বিক্রিয়া। বেনজিন বলয় অটুট আছে।
বেনজাইল ক্লোরাইড
বেনজ্যাল ক্লোরাইড
বেনজোট্রাইক্লোরাইড
NaOH
$Ca(OH)_2$
$Ca(OH)_2$
CH_2OH
CHO
COOH
বেনজাইল অ্যালকোহল
বেনজ্যালডিহাইড
বেনজোয়িক অ্যাসিড

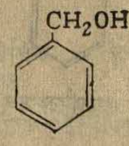
4.2 শ্রেণীবিভাগ (Classification)

কার্যকারী গ্রুপের উপস্থিতি অনুসারে অ্যারোমেটিক যৌগগুলিকেও অ্যালিফেটিক যৌগের ন্যায় কয়েকটি সমগণীয় শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। এখানে একটি কথা বিশেষ ভাবে উল্লেখ করার আছে। **কার্যকরী গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত থাকতে পারে বা বেনজিন বলয়ের পার্শ্বশাখার সঙ্গে যুক্ত থাকতে পারে।** কার্যকরী গ্রুপটি কোথায় যুক্ত আছে তার উপরে যৌগের ধর্ম নির্ভর করে। একই কার্যকরী গ্রুপ থাকা সত্ত্বেও দুটি যৌগের ধর্মে প্রচুর পার্থক্য হয় যদি একটি যৌগে কার্যকরী গ্রুপটি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত থাকে আর অপর যৌগটিতে কার্যকরী গ্রুপটি থাকে পার্শ্বশাখায়। যেমন, প্যারা-ক্রেসল ও বেনজাইল অ্যালকোহল যৌগ দুটি সমাবয়বী এবং উভয় যৌগেই OH গ্রুপ বর্তমান। কিন্তু OH গ্রুপের অবস্থানের পার্থক্যের জন্য যৌগ দুটির ধর্মে এতই পার্থক্য যে যৌগ দুটিকে পৃথক শ্রেণীভুক্ত করা হয়েছে। প্যারা-ক্রেসল ফেনল শ্রেণীভুক্ত কিন্তু বেনজাইল অ্যালকোহলের শ্রেণী অ্যালকোহল।



4-মিথাইলফেনল
(প্যারা-ক্রেসল)

[OH বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত। যৌগটি ফেনল শ্রেণীভুক্ত।]

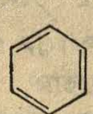


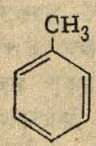
বেনজাইল অ্যালকোহল

[OH পার্শ্বশাখার সঙ্গে যুক্ত। যৌগটি অ্যালকোহল শ্রেণীভুক্ত।]

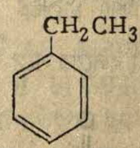
নীচে অ্যারোমেটিক যৌগের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ শ্রেণী দেখানো হল :

(1) **অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন।**

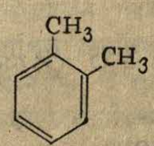




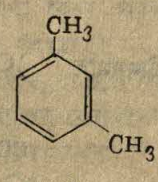
টলুইন



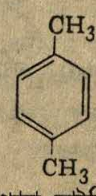
ইথাইল বেনজিন



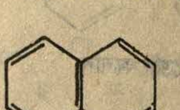
অর্থো-জাইলিন



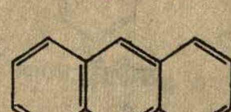
মেটা-জাইলিন



প্যারা-জাইলিন

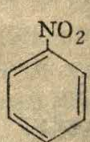


ন্যাপথ্যলিন

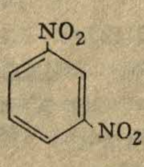


অ্যানথ্রাসিন

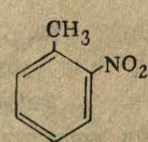
(2) **অ্যারোমেটিক নাইট্রো যৌগ** (**NO_2** গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত)



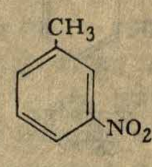
নাইট্রোবেনজিন



মেটা-ডাইনাইট্রো-বেনজিন

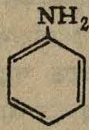


অর্থো-নাইট্রো-টলুইন

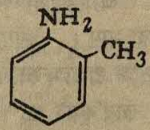


মেটা-নাইট্রোটলুইন

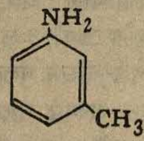
(3) অ্যারোমেটিক অ্যামিনো যৌগ (NH_2 গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত)



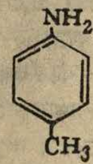
অ্যানিলিন



অর্থো-টলুইডিন

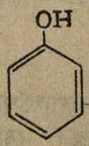


মেটা-টলুইডিন

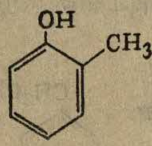


প্যারা-টলুইডিন

(4) ফেনলসমূহ (OH গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত)

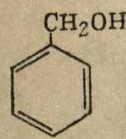


ফেনল



অর্থোক্রেসল

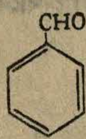
(5) অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল (OH বেনজিন বলয়ের পার্শ্বশাখার সঙ্গে যুক্ত)



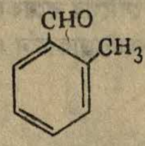
বেনজাইল অ্যালকোহল

(6) অ্যারোমেটিক কার্বনিল যৌগ

(i) অ্যালডিহাইডসমূহ (CHO গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত)

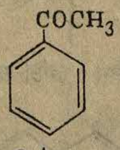


বেনজ্যালডিহাইড

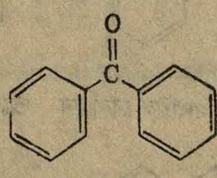


অর্থোমিথাইল বেনজ্যালডিহাইড

(ii) কিটোনসমূহ ($>C=O$ গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত)

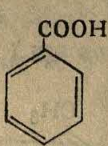


অ্যাসিটোফেনোন

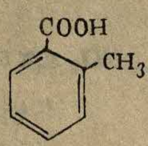


বেনজোফেনোন

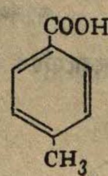
(7) অ্যারোমেটিক কার্বক্সিলিক অ্যাসিডসমূহ (COOH গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত)



বেনজোয়িক অ্যাসিড

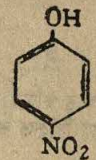


অর্থো-মিথাইল বেনজোয়িক অ্যাসিড

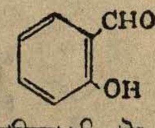


প্যারামিথাইল বেনজোয়িক অ্যাসিড

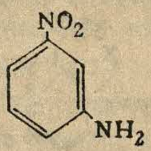
(৪) একাধিক কার্যকরী গ্রুপ যুক্ত যৌগ



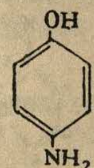
প্যারা-নাইট্রোফেনল



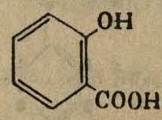
স্যালিস্যালডিহাইড



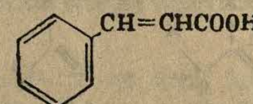
মেটা-নাইট্রো-অ্যানিলিন



প্যারা-অ্যামিনোফেনল



স্যালিসাইলিক অ্যাসিড



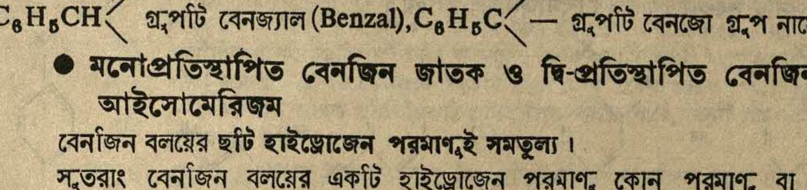
সিনামিক অ্যাসিড

● **অ্যারাইল গ্রুপ (পৃঃ 34)ঃ** অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন অপসারণের দ্বারা যে জৈব গ্রুপ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যারাইল (aryl) গ্রুপ বলে। যেমন বেনজিন (C_6H_6) থেকে উদ্ভূত গ্রুপ C_6H_5-কে বলে ফিনাইল (phenyl) গ্রুপ। টলুইন ($C_6H_5CH_3$) থেকে উদ্ভূত গ্রুপ $C_6H_5CH_2$—বেনজাইল (Benzyl) গ্রুপ নামে পরিচিত। অনুরূপভাবে $C_6H_5CH\langle$ গ্রুপটি বেনজ্যাল (Benzal), $C_6H_5C\langle$— গ্রুপটি বেনজো গ্রুপ নামে পরিচিত।

● মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতক ও দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতক: আইসোমেরিজম

বেনজিন বলয়ের ছটি **হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য।**

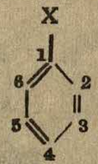
সুতরাং বেনজিন বলয়ের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু কোন পরমাণু বা গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে **একটি মাত্র মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিন** উৎপন্ন হয়। বেনজিন বলয়ের ছটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে যে কোনটিই কোন নির্দিষ্ট পরমাণু বা গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হোক না কেন সবসময়ই একই যৌগ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ **মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিনের কোন সমাংশ নাই।** যেমন, বেনজিন বলয়ের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হলে একটি মাত্র মনোক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয়ঃ



[ক্লোরিন বেনজিন বলয়ের যে হাইড্রোজেন পরমাণুকেই প্রতিস্থাপিত করুক না কেন উৎপন্ন ক্লোরোবেনজিন সর্বাংশে একই।]

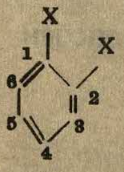
মনোক্লোরোবেনজিনকে উপরের যে কোন গঠন দিয়েই লেখা যায়। মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিনে যে পাঁচটি হাইড্রোজেন পরমাণু থেকে যায় তারা কিন্তু সমতুল্য নয়। অর্থাৎ প্রতিস্থাপকটির সাপেক্ষে কার্বন পরমাণুগুলির অবস্থানের পার্থক্য ঘটে। এখন মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিনে যদি অপর একটি প্রতিস্থাপক প্রবেশ করানো যায় তবে আগত প্রতিস্থাপকটি পাঁচটি হাইড্রোজেন পরমাণুর যে কোন একটিকে প্রতিস্থাপিত করে তার স্থান দখল করতে পারে। মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিনের প্রতিস্থাপকটি যে কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে সেই কার্বন

পরমাণুটিকে 1নং কার্বন পরমাণু ধরা হয়। অপর পাঁচটি কার্বন পরমাণুকে পরপর 2, 3, 4 ইত্যাদি সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়ঃ

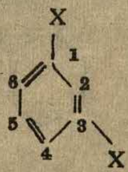


X=প্রতিস্থাপক (এক্ষেত্রে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিক থেকেও সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা যায়।)

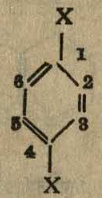
এখন পরবর্তী প্রতিস্থাপকটি 2 থেকে 6 পর্যন্ত যে কোন কার্বন পরমাণুর সঙ্গেই যুক্ত হতে পারেঃ



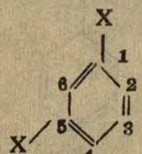
1, 2,-দ্বিপ্রতি-স্থাপিত বেনজিন
I



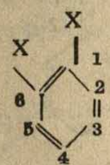
1, 3-দ্বিপ্রতিস্থাপিত বেনজিন
II



1, 4-দ্বি প্রতিস্থাপিত বেনজিন
III

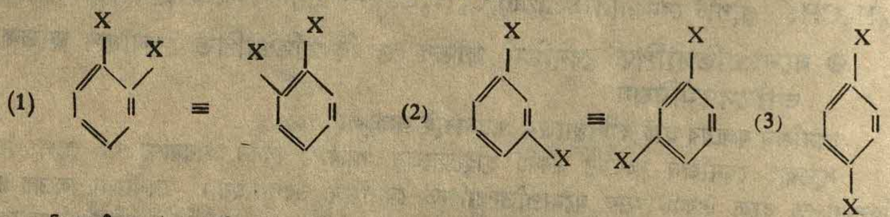


1, 5-দ্বিপ্রতিস্থাপিত বেনজিন
IV



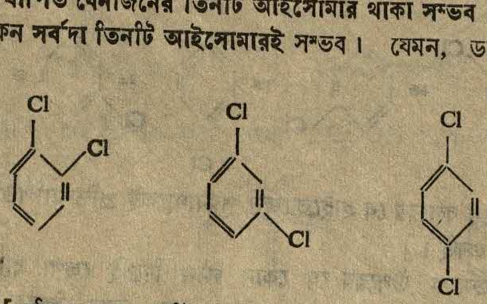
1, 6-দ্বিপ্রতিস্থাপিত বেনজিন
V

স্পষ্টতই I ও V এই দুটি গঠন (অর্থাৎ 1, 2- এবং 1, 6- দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিন) সমতুল্য। অনুরূপভাবে II ও IV গঠন দুটি (1, 3- ও 1, 5-) সমতুল্য। সুতরাং প্রকৃতপক্ষে তিনটি দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিন উৎপন্ন হয়।



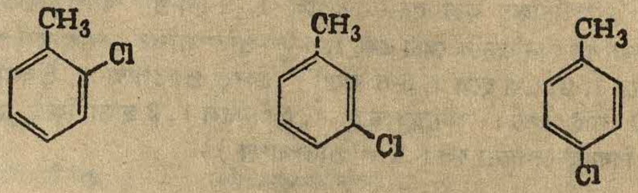
[বেনজিনের সবগুলি C—C বন্ধনী সমতুল্য বলেই 1, 2 এবং 1, 6 দ্বি-প্রতিস্থাপিত যৌগ দুটির মধ্যে কোন পার্থক্য নাই। অঙ্কিত গঠন সংকেতে C-1 ও C-2-এর মধ্যে একবন্ধনী কিন্তু C-1 ও C-6-এর মধ্যে দ্বি-বন্ধনী আছে। সুতরাং 1, 2 ও 1, 6 যৌগ দুটির মধ্যে পার্থক্য আছে ভাবা স্বাভাবিক। বাস্তবে কিন্তু তা নয়।]

অর্থাৎ দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের তিনটি আইসোমার থাকা সম্ভব। গ্রুপ দুটি একই বা বিভিন্ন যাই হোক না কেন সর্বদা তিনটি আইসোমারই সম্ভব। যেমন, ডাইক্লোরোবেনজিনের 3টি আইসোমার হলঃ



[প্রতিস্থাপক গ্রুপ দুটি অভিন্ন ঃ আইসোমারের সংখ্যা 3]

অনুরূপভাবে ক্লোরোটলুইনেরও 3টি আইসোমার আছে ঃ



[প্রতিস্থাপক দুটি ভিন্ন ঃ আইসোমারের সংখ্যা 3]

গ্রুপগুলির বেনজিন বলয়ে অবস্থানের পার্থক্যের জন্য এই আইসোমেরিজম উদ্ভব হয় বলে একে অবস্থান-ঘটিত আইসোমেরিজম বলে। দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতকের অবস্থান-ঘটিত আইসোমারের সংখ্যা 3।

[দ্বি-প্রতিস্থাপিত বিভিন্ন বেনজিন যৌগ নিয়ে নিজে করে দেখ যে সব সময়ই তিনটি আইসোমার পাওয়া যায়।]

প্রশ্ন ঃ 4.1 কয়টি মনোব্রোমোবেনজিন পাওয়া যায় ? কেন ?

4.2 ডাইমিথাইলবেনজিনের সম্ভাব্য আইসোমারগুলির গঠন লেখ।

4.3 কয়টি নাইট্রোফেনল যৌগ থাকা সম্ভব ? (নাইট্রোফেনলে বেনজিন বলয়ের সঙ্গে 1টি NO_2 ও একটি OH গ্রুপ আছে।) যৌগগুলির গঠন আঁক।

4.4 নীচের বিবৃতিগুলি ঠিক না বেঠিক ?

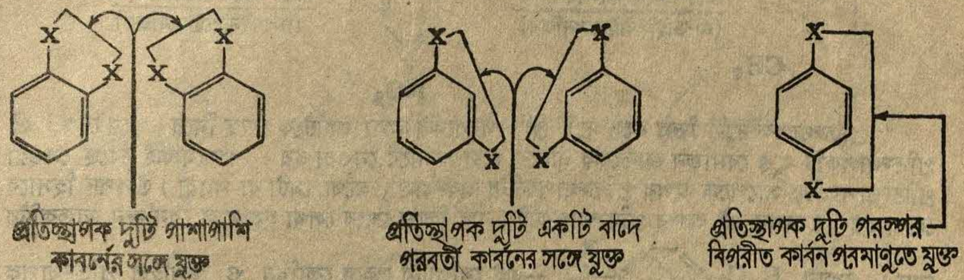
(i) বেনজিনের ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমতুল্য, কিন্তু ক্লোরোবেনজিনের হাইড্রোজেনগুলি সমতুল্য নয়।

(ii) দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের ক্ষেত্রে যদি প্রতিস্থাপক দুটি অভিন্ন হয় তবে আইসোমারের সংখ্যা হয় 3, কিন্তু প্রতিস্থাপক দুটি যদি ভিন্ন হয় তবে আইসোমারের সংখ্যা বেশী হয়।

(iii) মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিনে তিনটি অসমতুল্য (non-equivalent) অবস্থান আছে।

(iv) যদিও মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিনে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপক প্রবেশ করালে পাঁচটি হাইড্রোজেনের যে কোনটিকেই আগত প্রতিস্থাপকটি প্রতিস্থাপিত করতে পারে, তিনটি মাত্র ডাই-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের উৎপত্তি সম্ভব।

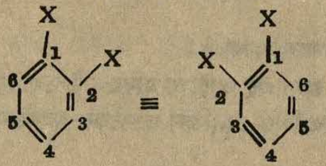
● **অর্থো, মেটা ও প্যারা অবস্থান ঃ** দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিন যৌগ তিনটিকে অর্থো, মেটা ও প্যারা উপপদ দিয়ে পার্থক্য করা হয়। দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনে প্রতিস্থাপক দুটি যদি পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে যৌগটিকে **অর্থো (o-)**, প্রতিস্থাপক দুটি যদি পরস্পর বলয়ের **একটি-বাদে-পরবর্তী** কার্বনদ্বয়ের সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে যৌগটিকে **মেটা (m-)**, আর প্রতিস্থাপক দুটি যদি পরস্পর **একেবারে বিপরীত** কার্বনদ্বয়ের সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে যৌগটিকে **প্যারা (p-)** বলা হয়। নীচের চিত্র দেখ (X = প্রতিস্থাপক) ঃ



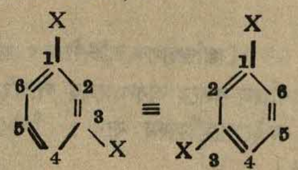
অর্থো ঃ মেটা ঃ প্যারা ঃ

দুটি অভিন্ন প্রতিস্থাপকের ক্ষেত্রে যে কোন একটি প্রতিস্থাপকের সঙ্গে যুক্ত কার্বন পরমাণুকে 1 সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করে বেনজিন বলয়ের কার্বন পরমাণুগুলিকে পরপর 2, 3, 4, 5, 6 সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। যে দিক থেকে সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করলে দ্বিতীয়

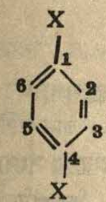
প্রতিস্থাপককে সবথেকে কম সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা যায়, সেই দিক থেকে কার্বন পরমাণুগুলিকে সংখ্যা দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। তাহলে 1, 2-দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনকে **অর্থো,** 1, 3-দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনকে **মেটা** এবং 1, 4-দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনকে **প্যারা** বলা হয়। প্রশ্ন উঠতে পারে 1, 2 অর্থো হলে 1, 6-ও অর্থো। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে 1, 6 বলার মানে হয় না, যৌগটিকে 1, 2 বলাই সঙ্গত। অনুরূপভাবে 1, 5 আসলে 1, 3 ছাড়া কিছু নয় এবং যৌগটি মেটা। নীচে বিষয়টি দেখানো হল (X = প্রতিস্থাপক) ঃ



অর্থো

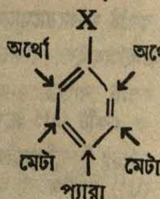


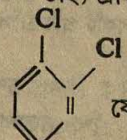
মেটা

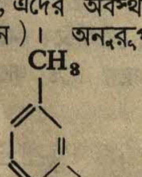


প্যারা

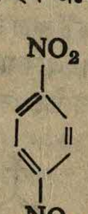
সাধারণ ভাবে বলা যায় যে, কোন প্রতিস্থাপক যে কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকে তার পরবর্তী কার্বন পরমাণুর অবস্থান প্রথমটির সাপেক্ষে **অর্থো,** একটি-বাদে-পরবর্তী কার্বন পরমাণুর অবস্থান প্রথমটির সাপেক্ষে **মেটা,** এবং বিপরীত কার্বন পরমাণুটির অবস্থান প্রথমটির সাপেক্ষে **প্যারা** ঃ



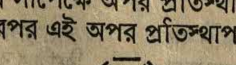
নামকরণ ঃ দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপক দুটি **অভিন্ন হলে** খুব সহজেই নামকরণ করা যায়। প্রথমে প্রতিস্থাপক দুটির অবস্থান অনুযায়ী উপযুক্ত উপপদ (অর্থো, মেটা বা প্যারা) লেখা হয়। তারপর লেখা হয় **ডাই** শব্দটি। এরপর প্রতিস্থাপকটির নাম লিখে শেষে একসঙ্গে লেখা হয় বেনজিন। ডাই, প্রতিস্থাপকটির নাম ও বেনজিন এই শব্দগুলির মধ্যে কোন ফাঁক থাকে না। যেমন,  যৌগটির ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপক হল (দুটিই) ক্লোরিন, এদের অবস্থান পরস্পর অর্থো—তাই নাম হল **অর্থো-ডাইক্লোরোবেনজিন** (o-ডাইক্লোরোবেনজিন)। অনুরূপভাবে ঃ



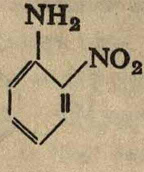
মেটা-ডাইমিথাইলবেনজিন
(m-ডাইমিথাইলবেনজিন)



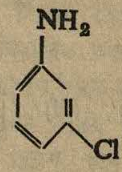
প্যারা-ডাইনাইট্রোবেনজিন
(p-ডাইনাইট্রোবেনজিন)

প্রতিস্থাপক দুটি **ভিন্ন হলে** দুটি প্রতিস্থাপকের মধ্যে একটিকে বেছে নিয়ে (পরে দেখ) এই প্রতিস্থাপকটি যুক্ত বেনজিন জাতকের নামকে মূল হিসাবে নেওয়া হয়। প্রথমে এই বেছে নেওয়া প্রতিস্থাপকটির সাপেক্ষে অপর প্রতিস্থাপকটির অবস্থান (অর্থো, মেটা বা প্যারা) উপপদ হিসাবে লেখা হয়। তারপর এই অপর প্রতিস্থাপকটির নাম লিখে শেষে লেখা হয় মূল বেনজিন জাতকটির নাম। যেমন,  —এই যৌগটির ক্ষেত্রে ক্লোরিন ও মিথাইল প্রতিস্থাপক দুটির মধ্যে মিথাইল প্রতিস্থাপক যুক্ত বেনজিনকে অর্থাৎ টলুইনকে মূল হিসাবে নেওয়া হয়। এখন যেহেতু মিথাইলের সাপেক্ষে অপর প্রতিস্থাপক ক্লোরিন প্যারা অবস্থানে আছে তাই যৌগটির নাম হল **প্যারা-ক্লোরোটলুইন** (প্রথমে **প্যারা** তারপর **অপর প্রতিস্থাপকটি** শেষে **মূল বেনজিন জাতকটি** লেখা হল)। [ক্লোরিন উপপদে থাকলে নাম হয় ক্লোরো]।

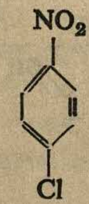
অন্য কয়েকটি উদাহরণ ঃ



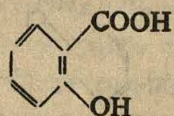
অর্থো-নাইট্রোঅ্যানিলিন



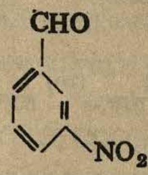
মেটা-ক্লোরোঅ্যানিলিন



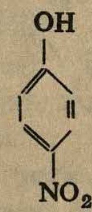
প্যারা-ক্লোরোনাইট্রোবেনজিন



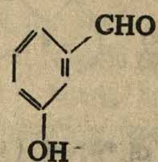
অর্থো-হাইড্রক্সিবেনজোয়িক অ্যাসিড



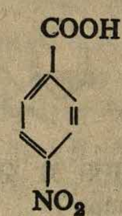
মেটা-নাইট্রোবেনজ্যালডিহাইড



প্যারা-নাইট্রোফেনল



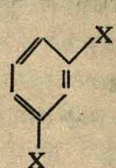
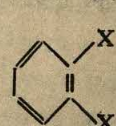
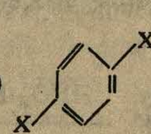
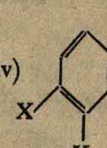
মেটা-হাইড্রক্সিবেনজ্যালডিহাইড

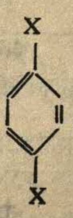
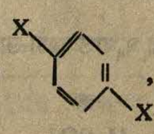
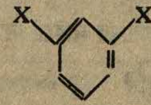
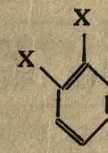


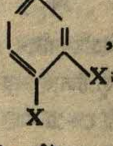
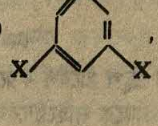
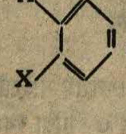
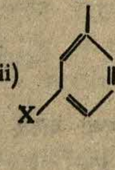
প্যারা-নাইট্রোবেনজোয়িক অ্যাসিড

দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের ক্ষেত্রে কোন্ প্রতিস্থাপক যুক্ত বেনজিন জাতককে মূল হিসাবে নেওয়া হবে তা সাধারণত ব্যবহার থেকে চলে আসছে। দুটি কার্যকরী গ্রুপযুক্ত অ্যালিফেটিক যৌগের ক্ষেত্রে যে ক্রম মানা হয় (পৃঃ 72) এখানেও সাধারণত সেই ক্রম মানা হয়।

প্রশ্ন ঃ 4.4a নীচের যৌগগুলি অর্থো, মেটা না প্যারা বল ঃ

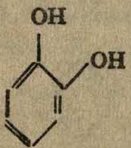
(i)  , (ii)  , (iii)  , (iv)  ,

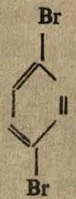
(v)  , (vi)  , (vii)  , (viii)  ,

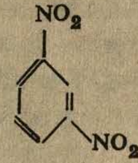
(ix)  , (x)  , (xi)  , (xii) 

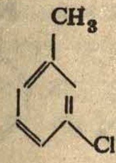
[X একটি একযোজী প্রতিস্থাপক]

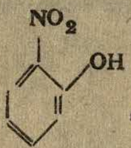
প্রশ্ন : 4.4b নীচের যৌগগুলির নাম লেখ :

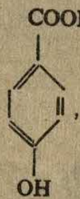
(i) 

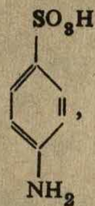
(ii) 

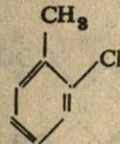
, (iii) 

(vi) 

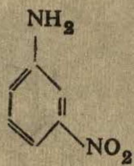
(v) 

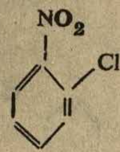
, (vi) 

, (vii) 

, (viii) 

,

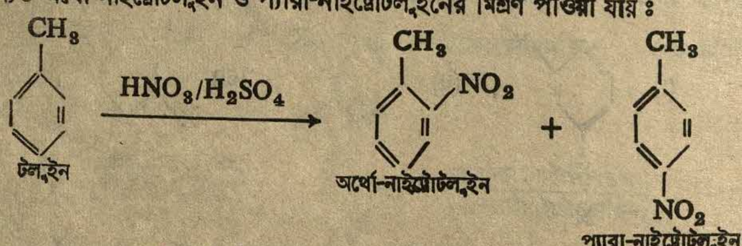
(ix) 

(x) 

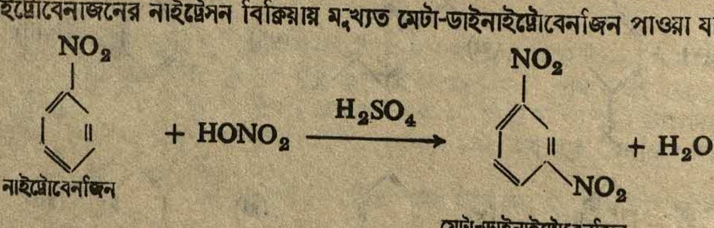
● **অর্থো / প্যারা ও মেটা নির্দেশক গ্রুপসমূহ** (Ortho/para and meta directing groups)

এখন আর একটি প্রশ্ন আলোচনা করা যাক। মনো-প্রতিস্থাপিত বেনজিনে দ্বিতীয় প্রতিস্থাপক প্রবেশ করলে তিনটি আইসোমার উৎপন্ন হতে পারে। প্রশ্ন হল তিনটিই কি সমপরিমাণে উৎপন্ন হয়, না অন্য কোন ঘটনা ঘটে।

দুটি উদাহরণ নেওয়া যাক : (1) টলুইনকে নাইট্রেসন করলে (শর্তের জন্য পরে টলুইনের নাইট্রেসন দেখ) মুখ্যত অর্থো-নাইট্রোটলুইন ও প্যারা-নাইট্রোটলুইনের মিশ্রণ পাওয়া যায় :



(2) নাইট্রোবেনাজনের নাইট্রেসন বিক্রিয়ায় মুখ্যত মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন পাওয়া যায় :



দেখা যাচ্ছে উভয় ক্ষেত্রেই নাইট্রো (NO_2) গ্রুপ প্রবেশ করছে কিন্তু টলুইনের ক্ষেত্রে নাইট্রো গ্রুপটি প্রবেশ করছে অর্থো ও প্যারা স্থানে, অপরদিকে নাইট্রোবেনজিনের ক্ষেত্রে এই গ্রুপটি প্রবেশ করছে মুখ্যত মেটা স্থানে।

প্রকৃতপক্ষে যে পরমাণু / গ্রুপটি মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করে কোন্ স্থানে সে প্রবেশ করবে সে সম্পর্কে তার বিশেষ কোন ভূমিকা নাই। যে পরমাণু /গ্রুপটি বেনজিন বলয়ে আগে থেকে আছে সেই নির্ধারিত করে দ্বিতীয় পরমাণু/গ্রুপটি কোন স্থানে প্রবেশ করবে। এই দিক থেকে পরমাণু /গ্রুপগুলিকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায় :

(1) যে পরমাণু/গ্রুপগুলি বেনজিন বলয়ে থাকলে দ্বিতীয় পরমাণু / গ্রুপ বেনজিন বলয়ের অর্থো ও প্যারা স্থানে মুখ্যত প্রবেশ করে সেই পরমাণু/গ্রুপগুলিকে **অর্থো/প্যারা নির্দেশক পরমাণু/গ্রুপ** বলে।

এক্ষেত্রে অর্থো ও প্যারা বিক্রিয়াজাতের মিশ্রণই মুখ্যত পাওয়া যায়। এই ধরনের পরমাণু/গ্রুপ হল : NH_2, OH, CH_3, $NHCOCH_3$, হ্যালোজেন পরমাণু ইত্যাদি।

(2) যে গ্রুপগুলি বেনজিন বলয়ে থাকলে দ্বিতীয় গ্রুপটি মেটা স্থানে মুখ্যত প্রবেশ করে সেই গ্রুপগুলিকে **মেটা-নির্দেশক গ্রুপ** বলে। এক্ষেত্রে মেটা বিক্রিয়াজাত মুখ্যত পাওয়া যায়। এই ধরনের গ্রুপগুলি হল : NO_2, CO, CHO, COOH, SO_3H ইত্যাদি।

তাহলে কোন্ গ্রুপ অর্থো/প্যারা নির্দেশক আর কোন্ গ্রুপ মেটা নির্দেশক তা যদি মনে রাখা যায় তাহলে মনোপ্রতিস্থাপিত বেনজিন জাতকের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় কোন্ বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন হবে তা নিয়ে আর সমস্যা হয় না। যেমন, টলুইনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় (পার্শ্বশাখায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া নয়) মুখ্যত অর্থো ও প্যারা বিক্রিয়াজাতের মিশ্রণ পাওয়া যায় (একটি প্রতিস্থাপক প্রবেশ করলে)—তা বিক্রিয়াটি ক্লোরিনেসন, নাইট্রেশন, সালফোনেশন, ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া যাই হোক না কেন। আবার, নাইট্রোবেনজিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় মুখ্যত মেটা বিক্রিয়াজাত পাওয়া যায়, তা বিক্রিয়াটি ক্লোরিনেসন, নাইট্রেসন ইত্যাদি যাই হোক না কেন। কোন্ গ্রুপগুলি অর্থো/প্যারা আর কোন্ গ্রুপগুলি মেটা নির্দেশক হবে তাও মুখস্থ করতে হয় না। বিক্রিয়ার কৌশল (reaction mechanism) জানলে তা সহজেই বলে দেওয়া যায়। এ সম্বন্ধে পরে জানবে। এখন শুধু মনে রাখ : কোন গ্রুপের যে পরমাণুটি বেনজিন বলয়ের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত আছে তাতে যদি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় থাকে তবে গ্রুপটি অর্থো/প্যারা নির্দেশক হবে। যেমন,—$\ddot{N}H_2$ গ্রুপের নাইট্রোজেন বেনজিন বলয়ের কার্বনের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত থাকে এবং এই নাইট্রোজেনে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে, সুতরাং NH_2 গ্রুপটি অর্থো / প্যারা নির্দেশক। অনুরূপভাবে OH, $NHCOCH_3$ গ্রুপ দুটিও অর্থো/প্যারা নির্দেশক।

[এখানে একটি কথা মনে রাখা দরকার। প্রায় প্রতিটি বিক্রিয়াতেই অর্থো, মেটা ও প্যারা বিক্রিয়াজাতের মিশ্রণ পাওয়া যায়। কিন্তু অর্থো/প্যারা নির্দেশক গ্রুপের ক্ষেত্রে অর্থো/প্যারা বিক্রিয়াজাতই মুখ্যত উৎপন্ন হয়, মেটা উৎপন্ন হয় খুব কম পরিমাণে। আর মেটা নির্দেশক গ্রুপের ক্ষেত্রে মুখ্যত মেটা বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন হয়, অর্থো/প্যারা বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন হয় খুব কম পরিমাণে।]

> **মনে রাখ : CH_3, NH_2, OH, Cl — এইগুলি অর্থো/প্যারা নির্দেশক। NO_2 মেটা নির্দেশক।**

● অ্যারোমেটিক যৌগের অসম্পৃক্তি অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগের অসম্পৃক্তি থেকে পৃথক :

বেনজিনের আণবিক সংকেত C_6H_6। 6টি কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যালকেন—হেক্সেনের—আণবিক সংকেত C_6H_{14}। সুতরাং বেনজিনের আণবিক সংকেত থেকেই বোঝা যায় যে বেনজিন একটি অতি অসম্পৃক্ত যৌগ [বেনজিনের আণবিক সংকেতে অনুষঙ্গী অ্যালকেন (সাধারণ সংকেত C_nH_{2n+2}) থেকে 8টি হাইড্রোজেন পরমাণু কম আছে]।

কিন্তু বেনজিনের এই অসম্পৃক্তি অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের অসম্পৃক্তি থেকে সম্পূর্ণ পৃথক। অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনের মুখ্য বিক্রিয়া হল **যুত-বিক্রিয়া** এবং

এরা সহজেই জারিত হয়ে যায়। কিন্তু বেনজিনের আণবিক সংকেত অতি অসম্পৃক্তি নির্দেশ করলেও বেনজিনের মুখ্য বিক্রিয়াগুলি হল **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া** এবং বেনজিন **সহজে জারিত হয় না।** আমরা দেখেছি অ্যালিফেটিক সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন অ্যালকেনের মুখ্য বিক্রিয়া প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। সুতরাং অসম্পৃক্তি থাকা সত্ত্বেও বেনজিন অদ্ভুত ভাবে সম্পৃক্ত যৌগের মত আচরণ করে। এই বৈশিষ্ট্যই অ্যারোমেটিক যৌগগুলিকে অ্যালিফেটিক যৌগ থেকে পৃথক করেছে। এই দুটি মুখ্য বৈশিষ্ট্য (1) অসম্পৃক্তি থাকা সত্ত্বেও বৈশিষ্ট্যপূর্ণ প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এবং (2) অপেক্ষাকৃত বেশী সুস্থিতি (সহজে জারিত হয় না) অ্যারোমেটিক বৈশিষ্ট্য (Aromatic character) নামে পরিচিত। অ্যারোমেটিক যৌগগুলির এই বৈশিষ্ট্য কিন্তু ব্যাখ্যা করা যায় না বা অতি অদ্ভুত কোন ঘটনা নয়। অ্যারোমেটিক যৌগগুলির ইলেকট্রনীয় গঠন থেকে এই ঘটনাগুলি সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। প্রকৃতপক্ষে বিশেষ ইলেকট্রনীয় গঠনই অ্যারোমেটিক যৌগগুলিকে অ্যালিফেটিক যৌগগুলি থেকে পৃথক করেছে। এ সম্বন্ধে বিস্তারিত পরে জানবে। অবশ্য একথা মনে করা ঠিক নয় যে অ্যারোমেটিক যৌগগুলি যুত বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণই করে না। বিশেষ অবস্থায় অ্যারোমেটিক যৌগগুলি যুত-বিক্রিয়াতেও অংশগ্রহণ করে। বেনজিনের বিক্রিয়া আলোচনার সময় যুত-বিক্রিয়াগুলি দেখানো হল। তবে যুত-বিক্রিয়া অ্যারোমেটিক যৌগের মুখ্য বিক্রিয়া নয়। **অ্যারোমেটিক যৌগের মুখ্য ও বৈশিষ্ট্যপূর্ণ** বিক্রিয়া হল **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।**

নীচে অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক যৌগ ইথিলিন (একটি অ্যালকিন) এবং বেনজিনের কয়েকটি **ধর্মের তুলনা করা হল :**

(1) ইথিলিন ব্রোমিনের মধ্যে (ব্রোমিন/জল বা ব্রোমিন/CCl_4) চালনা করলে ব্রোমিনের লালাভ-বাদামী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়। ইথিলিনে ব্রোমিন **সংযুক্ত হয়ে** (Br_2/CCl_4-এর ক্ষেত্রে) বর্ণহীন 1,2-ডাইব্রোমোইথেন উৎপন্ন করায় ব্রোমিন বর্ণহীন হয়ে যায় (পৃঃ 116-118 দ্রষ্টব্য)।

বেনজিনে ব্রোমিন যোগ করলে ব্রোমিনের বর্ণ বর্ণহীন হয় না। বেনজিনের সঙ্গে ব্রোমিনের এইভাবে যুত-বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু আয়রনের উপস্থিতিতে ব্রোমিনের সঙ্গে বেনজিন **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায়** অংশগ্রহণ করে ব্রোমোবেনজিন উৎপন্ন করে।

(2) ইথিলিন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন করে দেয়। অর্থাৎ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সহজেই ইথিলিনকে ইথিলিন গ্লাইকলে জারিত করে দেয় (পৃঃ 115 দ্রষ্টব্য)।

বেনজিন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন করতে পারে না। অর্থাৎ বেনজিন সহজে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত হয় না। তবে অনেকক্ষণ ধরে ফোটালে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বেনজিন অণুকে বিযোজিত করে দেয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

● অন্য কয়েকটি ধর্মে অ্যারোমেটিক যৌগের সঙ্গে অ্যালিফেটিক যৌগের পার্থক্য :

(1) **ফেনল অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল থেকে বেশী আম্লিক :** ফেনলের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস কাগজকে স্বল্প লাল করে এবং ফেনল ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে ক্ষার ধাতুর ফেনোক্সাইড গঠন করে (পরে ফেনলের বিক্রিয়া দেখ)। অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল যেমন, ইথানল এ দুটি ধর্ম দেখায় না।

ফেনলে OH গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত, কিন্তু অ্যালকোহলে OH গ্রুপ অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত। বেনজিন বলয়ের ইলেকট্রন আকর্ষণ ক্ষমতা অ্যালকিল গ্রুপের ইলেকট্রন আকর্ষণ ক্ষমতা (প্রকৃতপক্ষে অ্যালকিল গ্রুপের ইলেকট্রন বিকর্ষণ ক্ষমতা আছে) থেকে অনেক বেশী, তাই ফেনলের OH-এর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেনের প্রোটন (H^+) হিসাবে বার হয়ে যাওয়ার প্রবণতা অনেক বেশী থাকে। ফলে ফেনল মৃদু আম্লিক হয়।

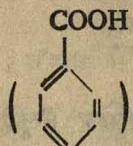
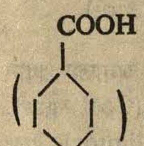
[ফেনল থেকে প্রোটন বার হয়ে গেলে থাকে ফেনোক্সাইড আয়ন, $C_6H_5O^{\ominus}$ আর অ্যালকোহল থেকে প্রোটন বার হয়ে গেলে থাকে অ্যালকোক্সাইড আয়ন, $RO^{\ominus}$। ফিনোক্সাইড আয়নের

স্থায়িত্ব (stability) অ্যালকোক্সাইড আয়নের স্থায়িত্ব থেকে অনেক বেশী হওয়ায় ফেনলের আম্লিকতা অ্যালকোহলের আম্লিকতা থেকে বেশী।

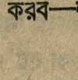
$$C_6H_5OH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5O^{\ominus} + H_3O^{\oplus}$$ (সাম্যাবস্থা ডানদিকে থাকে)।

$$ROH + H_2O \rightleftharpoons RO^{\ominus} + H_3O^{\oplus}$$ (সাম্যাবস্থা বামদিকে থাকে)।]

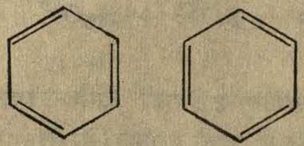
(2) **অ্যানিলিন অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিন থেকে কম ক্ষারকীয়ঃ** অ্যানিলিন ($C_6H_5\ddot{N}H_2$) এবং অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিন ($R\ddot{N}H_2$) উভয় প্রকার যৌগেই নাইট্রোজেন পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে। এখন এই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দান করার ক্ষমতা যেটির যত বেশী সেটি তত বেশী ক্ষারকীয়। বেনজিন বলয়ের ইলেকট্রন আকর্ষণ ক্ষমতার জন্য অ্যানিলিনের নাইট্রোজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় দান করার ক্ষমতা কমে যায়, ফলে অ্যানিলিন কম ক্ষারকীয় হয় (অ্যালকিল গ্রুপের এরকম কোন ক্ষমতা নাই)।

(3) বেনজোয়িক অ্যাসিড () সাইক্লোহেক্সেনকার্বক্সিলিক অ্যাসিড () থেকে বেশী আম্লিক (বেনজিন বলয়ের ইলেকট্রন আকর্ষণ ক্ষমতার জন্য)। উপরের এই ধর্মগুলিও **অ্যারোমেটিক বৈশিষ্ট্য** (Aromatic character) হিসাবে পরিচিত।

এখানে আর একটি কথা উল্লেখ করার আছে। যদিও অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক যৌগের মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ প্রভেদ আছে, আজকাল এই প্রভেদকে খুব বেশী করে দেখা হয় না। ফলে অ্যালিফেটিক যৌগ ও অ্যারোমেটিক যৌগ আলাদা করে আলোচনা না করে অনেকক্ষেত্রেই কার্যকরী গ্রুপ অনুসারে জৈব যৌগগুলিকে আলোচনা করা হয়। যেমন, হাইড্রক্সি যৌগ এই পর্যায়ে অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল, ফেনল, অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল আলোচনা করা হয়। আবার কার্বনিল যৌগ পর্যায়ে অ্যালিফেটিক ও অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইড ও কিটোন একসঙ্গে আলোচনা করা হয়, ইত্যাদি। আর একটি প্রবণতাও আজকাল বাড়ছে। কার্যকরী গ্রুপ হিসাবে ভাগ না করে বিক্রিয়ার ধরন (Reaction type) হিসাবে ভাগ করেও জৈব রসায়ন আলোচনা করা হয়। এ সম্বন্ধে পরে জানবে।

এই পর্যায়ের শেষ কথা। আমরা বেনজিন বলয়কে কিভাবে আঁকব ? যেহেতু বেনজিনের কোন কার্বন—কার্বন বন্ধনীই একবন্ধনী নয় আবার কোনটিই দ্বিবন্ধনীও নয় অর্থাৎ প্রতিটি কার্বন—কার্বন বন্ধনীই সমতুল্য এবং প্রতিটিরই আংশিক দ্বিবন্ধনী চরিত্র আছে, তাই কেকুলে-গঠন বেনজিনের প্রকৃত চরিত্র প্রকাশ করে না। সেদিক থেকে বেনজিন বলয়কে  এই ভাবে প্রকাশ করাই বাঞ্ছনীয়। আবার অনেকক্ষেত্রে বিক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে দেখানোর জন্য কেকুলে-গঠনই সুবিধাজনক হয়। আমরা এই পর্যায়ে বেনজিন বলয়কে কেকুলে-গঠন দিয়েই প্রকাশ করব—শুধু মনে রাখতে হবে

বেনজিনে প্রকৃতপক্ষে কেকুলে-গঠনের মত ক্রমান্বয়ে একবন্ধনী দ্বিবন্ধনী নাই। কোন কোন ক্ষেত্রে এই দুস্তকে বেনজিন বলয়  -এইভাবেও আঁকা হল।



বেনজিনের কেকুলে-গঠন (যে কোনটিই ব্যবহার করা যায়)।

প্রশ্ন ঃ 4.5 দুটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও যে বেনজিনের অসম্পৃক্তি ইথিলিনের অসম্পৃক্তি থেকে পৃথক।

4.6 অ্যারোমেটিক যৌগের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া কি ?

4.7 ব্যাখ্যা কর ঃ

(i) ফেনল ইথানলের থেকে বেশী আম্লিক,

(ii) অ্যানিলিন ইথাইল অ্যামিনের থেকে কম ক্ষারকীয়।

● আলকাতরা পাতন এবং বেনজিন, টলুইন ও ফেনল উদ্ধার

(Coal tar distillation and isolation of benzene, toluene and phenol).

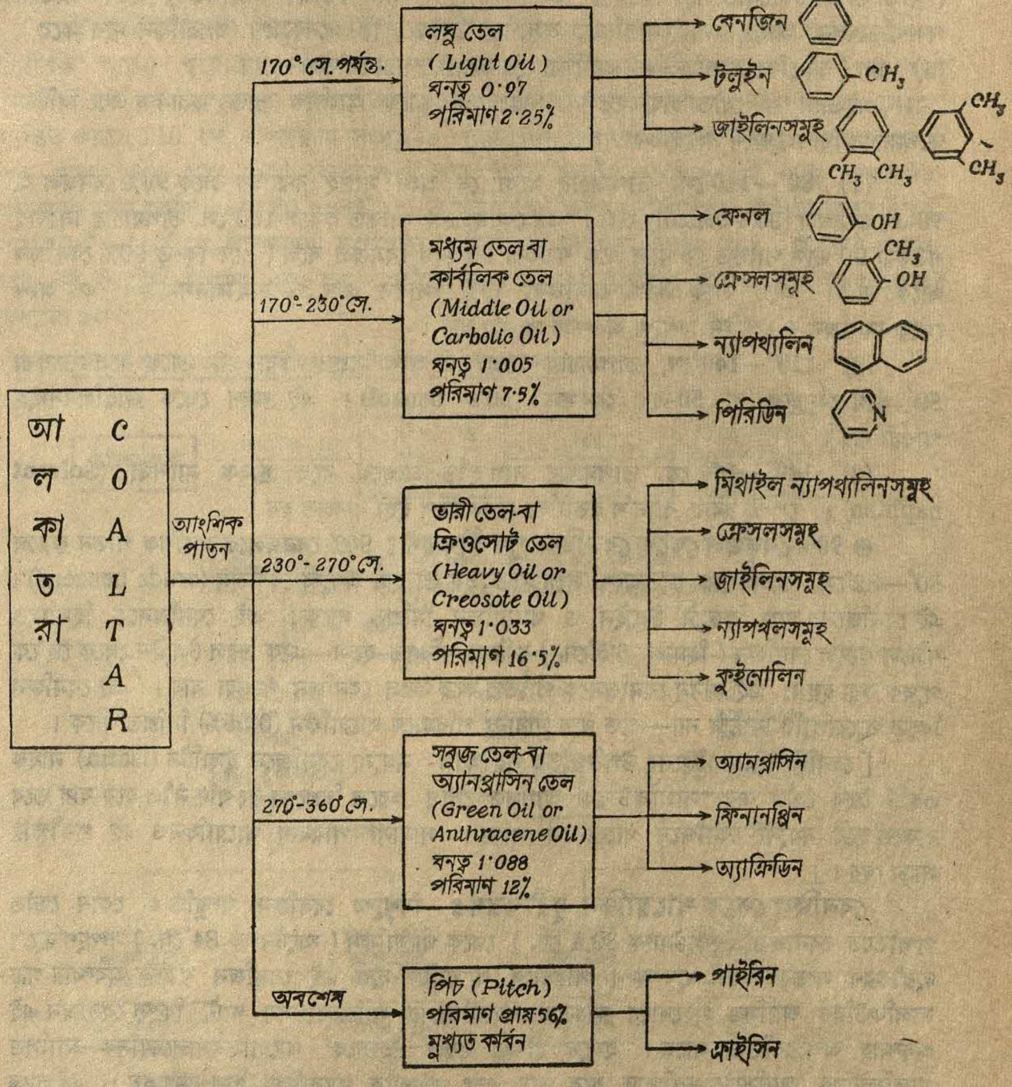
আলকাতরা (Coal tar) হল কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের দ্বারা উদ্ভূত অন্যতম প্রধান পদার্থ। কয়লার অন্তর্ধূম পাতন করলে পাওয়া যায় ঃ (1) কোল গ্যাস (Coal gas), (2) আলকাতরা (Coal tar), (3) অ্যামোনিয়াকাল লিকার (Ammoniacal liquor) এবং (4) কোক (Coke)।

কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উদ্ভূত তরল পদার্থরূপে আলকাতরা ও অ্যামোনিয়াকাল লিকার একসঙ্গে ঘনায়িত হয়। অ্যামোনিয়াকাল লিকার থেকে আলকাতরা পৃথক করে নেওয়া হয় (আলকাতরা অনেক ঘন, তাই নীচের স্তরে থাকে)। আলকাতরা হল ঘোর কালো রং-এর একটি অত্যন্ত সান্দ্র (viscous) তরল পদার্থ। এটি প্রায় দুশ কঠিন ও তরল যৌগের মিশ্রণ, এদের মধ্যে অনেকগুলিই হল অ্যারোমেটিক যৌগ। আলকাতরার অনেকটাই কার্বন। তাই এর রং ঘোর কালো। আলকাতরায় আম্লিক, ক্ষারকীয়, প্রশম সব প্রকারের যৌগই উপস্থিত থাকে।

প্রথম দিকে যখন আলকাতরার গুরুত্ব বোঝা যায় নি অর্থাৎ আলকাতরা যে প্রচুর ধরনের যৌগের উৎস তা জানা ছিল না, এই অত্যন্ত মূল্যবান পদার্থটি কয়েকটি সাধারণ কাজে ব্যবহার করা ছাড়া প্রায় নষ্টই হত। এখন আলকাতরা যে কয়েকটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ অ্যারোমেটিক যৌগের মুখ্য উৎস শুধু তাই নয়, আলকাতরা থেকে প্রচুর ধরনের রং, ঔষধ, সুরভি, বিস্ফোরক, বীজবারক, প্লাস্টিক, রজন পদার্থ, কীটনাশক, আগাছানাশক, কৃত্রিম তন্তু, দ্রাবক ইত্যাদি উৎপাদন করা হয়।

প্রথমে আংশিক পাতনের দ্বারা আলকাতরার উপাদানগুলিকে কয়েকটি অংশে ভাগ করে নেওয়া হয় এবং তারপর বিভিন্ন প্রক্রিয়া দ্বারা এই অংশগুলি থেকে উপাদানগুলিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করে নেওয়া হয়। পরপৃষ্ঠার তালিকায় বিভিন্ন তাপমাত্রায় আলকাতরার পাতন থেকে প্রাপ্ত অংশগুলির নাম, প্রতিটি অংশের মুখ্য উপাদান, ঘনত্ব এবং আয়তন অনুসারে শতকরা পরিমাণ দেওয়া হল। এখানে মনে রাখা দরকার বিভিন্ন অংশের পরিমাণ কয়লার প্রকৃতি এবং অন্তর্ধূম পাতনের তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। আবার অনেক ক্ষেত্রে অন্য তাপমাত্রায়ও আলকাতরার বিভিন্ন পাতিত-অংশ সংগ্রহ করা হয়। পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লঘু তেল ও মধ্যম তেলই আমাদের বিবেচ্য।

আলকাতরার পাতনঃ আলকাতরা থেকে প্রাপ্ত মুখ্য পদার্থ সমূহ
(শতকরা পরিমাণ অনুসারে)



● **আলকাতরা থেকে বেনজিন পৃথকীকরণ (Isolation of benzene from coal tar) ঃ** আলকাতরার আংশিক পাতন করে 170°সে. তাপমাত্রা পর্যন্ত যে পাতিতাংশ সংগ্রহ করা হয় তাকে লঘু তেল বলে। লঘু তেলের রং হলুদ। এতে থাকে মুখ্যত বেনজিন, টলুইন ও জাইলিনসমূহ। এই লঘু তেল থেকেই বেনজিন পৃথকীকরণ করা হয়।

● **লঘু তেল থেকে বেনজিন পৃথকীকরণ ঃ** লঘু তেলে বেনজিন, টলুইন, জাইলিন ইত্যাদি প্রশম অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন ছাড়াও সামান্য পরিমাণে মৃদু অ্যাসিড যেমন ফেনল (কার্বলিক অ্যাসিড), মৃদু ক্ষারক যেমন অ্যানিলিন, পিরিডিন, সালফার যৌগ (থায়োফিন) এবং জল থাকে।

প্রথমে লঘু তেলকে পাতিত করা হয়। 70°সে. তাপমাত্রা পর্যন্ত পাতিত অংশকে নেওয়া হয় না। 70°সে. তাপমাত্রার ঊর্ধ্বের পাতিত অংশ সংগ্রহ করা হয়। তারপর এই অংশকে (1) 7—10% কস্টিক সোডা দ্রবণ (অ্যাসিড জাতীয় পদার্থ যেমন ফেনল দূর করে), (2) জল (অতিরিক্ত কস্টিক সোডা দূর করে), (3) শীতল ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (ক্ষারক জাতীয় পদার্থ যেমন, অ্যানিলিন, পিরিডিন, অসংপৃক্ত যৌগ এবং অনেকাংশে থায়োফিন দূর করে), (4) জল (অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড দূর করে), দ্বারা ধৌত করা হয়।

এইভাবে যে ধৌত লঘু তেল পাওয়া যায় তাকে আংশিক পাতন করা হয় এবং বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন অংশ সংগ্রহ করা হয়।

(1) **80°—110°সে.** তাপমাত্রার মধ্যে যে অংশ সংগ্রহ করা হয় তাকে **90% বেনজল** বা **90-এর বেনজল (90's benzol)** বলে। এই বেনজলকে পাতিত করলে 100°সে. তাপমাত্রার নিম্নেই শতকরা 90 ভাগ পাতিত হয় বলে একে শতকরা 90 ভাগ বেনজল বলে (এতে কিন্তু 90% বেনজিন থাকে না)। এতে থাকে **84% বেনজিন, 13% টলুইন** এবং **3% জাইলিনসমূহ**। এই অংশ থেকে **বেনজিন ও টলুইন** বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(2) **110°—140°সে.** তাপমাত্রার মধ্যে যে অংশ সংগ্রহ করা হয় তাকে বলে **শতকরা 50 ভাগ বেনজল** বা **50-এর বেনজল (50's benzol)**। এই অংশ থেকে জাইলিনসমূহ পাওয়া যায়।

(3) **140°—170°সে.** তাপমাত্রায় সংগৃহীত অংশকে বলে **দ্রাবক ন্যাপথা (Solvent naphtha)**। পেন্ট, রবার, বার্নিশ ইত্যাদির দ্রাবকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

● **90% বেনজল থেকে বেনজিন পৃথকীকরণ :** 90% বেনজলকে আংশিক পাতন করলে 80°—82°সে. তাপমাত্রায় যে অংশ সংগৃহীত হয় তা হল অশুদ্ধ বেনজিন (crude benzene)। এই বেনজিনের সঙ্গে কিছুটা টলুইন ও থায়োফিন মিশ্রিত থাকে। এই বেনজিনকে হিমমিশ্রে শীতল করলে বেনজিন (হিমাংক 5·5°সে.) কঠিনে পরিণত হয়। একে তরল টলুইন থেকে ছেঁকে পৃথক করা হয়। এই কঠিন বেনজিনকে পাতিত করে তরল বেনজিন পাওয়া যায়। এই বেনজিন কিন্তু পুরোপুরি বিশুদ্ধ নয়—এতে খুব সামান্য পরিমাণে থায়োফিন (0·05%) মিশ্রিত থাকে।

[বেনজিনে থায়োফিনের উপস্থিতির পরীক্ষা : নমুনা বেনজিনে ইসাটিন (isatin) নামক একটি জৈব যৌগ এবং সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে মিশ্রণের রং যদি নীল হয়ে যায় তবে বুঝতে হবে নমুনা বেনজিনে থায়োফিন আছে। সামান্য পরিমাণ থায়োফিনও এই পরীক্ষায় সাড়া দেয়।]

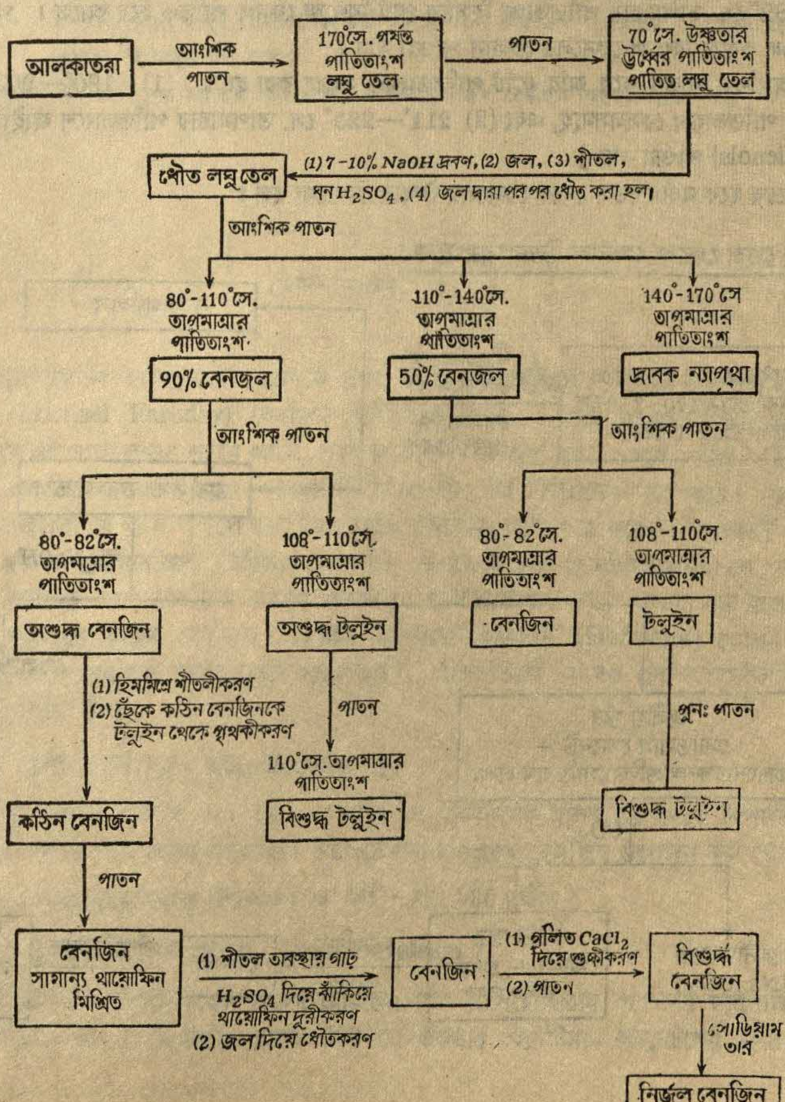
বেনজিন থেকে থায়োফিন দূরীকরণ : বিশুদ্ধ বেনজিন প্রস্তুতি : কোন ভৌত পদ্ধতিতে বেনজিন (স্ফুটনাংক 80.4°সে.) থেকে থায়োফিন (স্ফুটনাংক 84°সে.) সম্পূর্ণরূপে দূরীকরণ সম্ভব নয়। খুব অল্প পরিমাণে থায়োফিন-যুক্ত এই বেনজিন শীতল অবস্থায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে ঝাঁকালে থায়োফিনের সালফোনেসন ঘটে, কিন্তু বেনজিন এই অবস্থায় অপরিবর্তিত থাকে। হলুদ রং-এর তরল হিসাবে থায়োফিনসালফোনিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং এইভাবে থায়োফিন দূর করা হয়। এইভাবে কয়েকবার শীতল অবস্থায় গাঢ় H_2SO_4 সহ ঝাঁকিয়ে এবং প্রতিবার সালফিউরিক অ্যাসিড স্তর পৃথক করে নিলে থায়োফিন দূরীভূত হয় (শীতল অবস্থায় ঘন H_2SO_4 দিয়ে ঝাঁকালে সালফিউরিক অ্যাসিড স্তর হলুদ না হলে বুঝতে হবে থায়োফিন সম্পূর্ণত দূরীভূত হয়েছে)। পরে বেনজিনকে জল দিয়ে ধৌত করে, গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শুষ্ক করে এবং পুনরায় পাতিত করে বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায়।

(বেনজিনকে পরিপূর্ণ জলমুক্ত করতে ধাতব সোডিয়াম ব্যবহার করা হয়। অনেক বিক্রিয়ায় পরিপূর্ণ রূপে নির্জল বেনজিন প্রয়োজন হয়। উপরিউক্ত উপায়ে প্রাপ্ত বেনজিনে সোডিয়ামের তার যোগ করে পাত্রের মুখ খুব ভালভাবে এঁটে রাখলে নির্জল বেনজিন পাওয়া যায়।)

[দ্বিতীয় পদ্ধতিতে খুব অল্প পরিমাণ থায়োফিনযুক্ত বেনজিনকে মারকিউরিক অ্যাসিটেট সহযোগে ফোটালে থায়োফিন একটি জটিল ($HOHgC_4H_2SHgOCOCH_3$) হিসাবে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এবং ছেঁকে একে পৃথক করা হয়। বেনজিনকে প্রথম পদ্ধতির মতই জল দিয়ে ধৌত করে, শুষ্ক করে পাতিত করে নেওয়া হয়। উৎপন্ন সাদা কঠিনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে পাতিত করলে থায়োফিন ফিরে পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে থায়োফিন নষ্ট হয় না, এর পুনরুদ্ধার সম্ভব)।]

● **আলকাতরা থেকে টলুইন পৃথকীকরণ :** লঘু তেল থেকে প্রাপ্ত 90% বেনজলের আংশিক পাতন করে 80°—82° সে. তাপমাত্রায় বেনজিন সংগ্রহ করা হয়। এর পর 108°—110° সে. তাপমাত্রায় সংগৃহীত পাতিতাংশে টলুইন পাওয়া যায়। এই অংশকে পুনরায় পাতিত করলে 110° সে. তাপমাত্রায় সংগৃহীত পাতিতাংশ হিসাবে বিশুদ্ধ টলুইন পাওয়া যায়। লঘু তেল থেকে প্রাপ্ত 50% বেনজলে-ও প্রায় 2·5% টলুইন থাকে। এই 50% বেনজলের আংশিক পাতন করলে প্রথমে 80°—82° সে. তাপমাত্রার পাতিতাংশে উপস্থিত বেনজিন চলে আসে। পরে 108°—110° সে. তাপমাত্রায় সংগৃহীত পাতিতাংশে টলুইন পাওয়া যায়। পুনরায় পাতন করে এই টলুইন বিশুদ্ধ করা হয়। নীচের ছকে আলকাতরা থেকে বেনজিন ও টলুইন উদ্ধার দেখানো হল :

আলকাতরা থেকে বেনজিন ও টলুইন উদ্ধারের ছক:



● **আলকাতরা থেকে ফেনল (Phenol from coal-tar) ঃ** আলকাতরার আংশিক পাতনে (পৃ 335 দ্রষ্টব্য) সংগৃহীত মধ্যম তেল (170°—230°সে. তাপমাত্রার পাতিতাংশ) থেকে ফেনল উদ্ধার করা হয়। মধ্যম তেল ঠাণ্ডা করলে ন্যাপথ্যালিন কেলাসিত হয় এবং কেলাসিত ন্যাপথ্যালিন পৃথক করা হয়। অবশিষ্ট তরল লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে আলোড়িত করা হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ফেনলকে সোডিয়াম ফেনেট হিসাবে দ্রবীভূত করে (উপস্থিত অন্যান্য ফেনলগুলি যেমন ক্রেসল, জাইলিনলও সোডিয়াম লবণ হিসাবে দ্রবীভূত হয়ে যায়) ঃ

$$\underset{\text{ফেনল}}{C_6H_5OH} + NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ফেনেট}}{C_6H_5ONa} + H_2O$$

জলীয় স্তরকে পৃথক করে নেওয়া হয় এবং এই জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করে সম্পৃক্ত করা হয়। সোডিয়াম ফেনেট বিযোজিত হয়ে (অন্য ফেনেটগুলিও বিযোজিত হয়) মুক্ত ফেনল উৎপন্ন করে, সঙ্গে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়—সোডিয়াম কার্বনেট জলীয় স্তরে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে ঃ

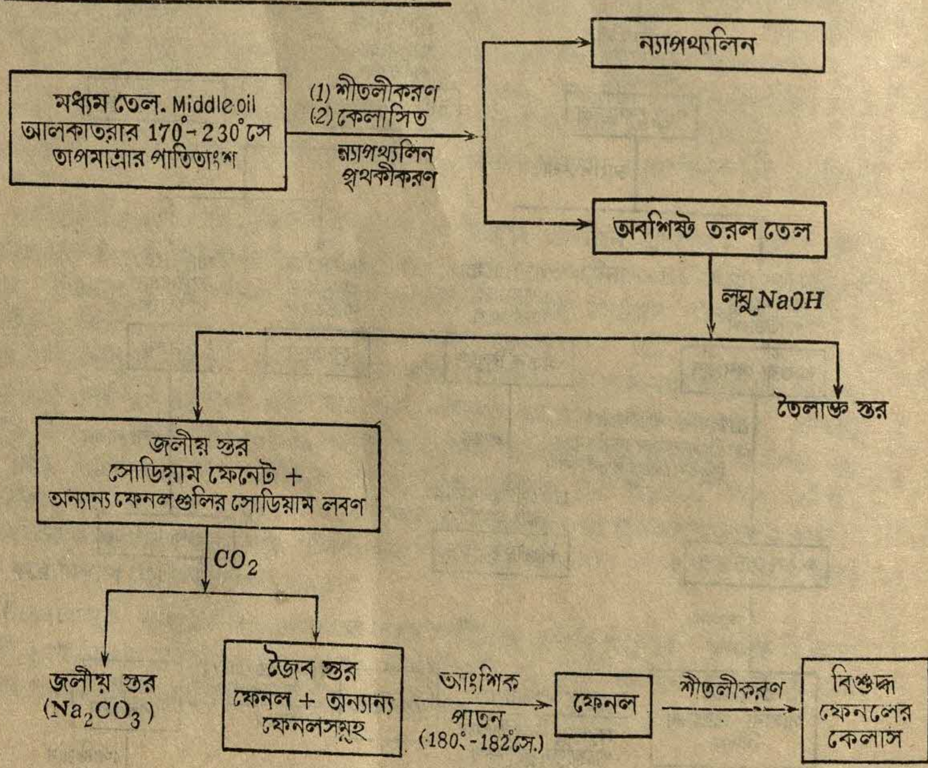
$$\underset{\text{সোডিয়াম ফেনেট}}{2C_6H_5ONa} + CO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{ফেনল}}{2C_6H_5OH} + Na_2CO_3$$

জলীয় স্তর পৃথক করা হয় এবং অশুদ্ধ ফেনলগুলির মিশ্রণের আংশিক পাতন করা হয়। 180°—182° সে. তাপমাত্রার পাতিতাংশ হিসাবে প্রায় বিশুদ্ধ ফেনল পাতিত হয়ে আসে। পাতিত তরল শীতল করলে বিশুদ্ধ ফেনলের কেলাস পাওয়া যায়।

[আংশিক পাতন করে আর দুটি পাতিতাংশও সংগ্রহ করা হয় ঃ (1) 190°—203° সে. তাপমাত্রার পাতিতাংশে ক্রেসলসমূহ, এবং (2) 211°—225° সে. তাপমাত্রার পাতিতাংশে জাইলিনলসমূহ (xylenols) পাওয়া যায়]

নীচের ছকে মধ্যম তেল থেকে ফেনলের উদ্ধার দেখানো হল ঃ

<u>মধ্যম তেল থেকে ফেনল উদ্ধারের ছক ঃ</u>



প্রশ্ন : 4.8 আলকাতরার আংশিক পাতন থেকে প্রাপ্ত কোন্ কোন্ অংশ থেকে বেনজিন, টলুইন ও ফেনল পাওয়া যায় ?

4.9 লঘু তেল কি ? **4.10** 90% বেনজল ও 50% বেনজল বলতে কি বোঝায় ?

4.11 বেনজিন থেকে থায়োফিন কিভাবে দূর করা হয় ?

4.12 বেনজিনে খুব অল্প পরিমাণে থায়োফিন আছে। কিভাবে তা সনাক্ত করবে ?

4.13 90% বেনজল থেকে পাওয়া যায় এমন দুটি গুরুত্বপূর্ণ অ্যারোমেটিক যৌগের নাম ও গঠন লেখ।

4.14 বেনজিন ও টলুইনের মিশ্রণ থেকে উভয়কে পৃথক করবে কিভাবে ?

4.15 সাধারণ তাপমাত্রায় বেনজিন তরল। এই তরল বেনজিনকে বরফে ঠাণ্ডা করলে কি হয় ?

4.16 বেনজিন ও ফেনলের মিশ্রণ থেকে উভয়কে পৃথক করবে কিভাবে (রাসায়নিক পদ্ধতিতে) ?

4.17 বেনজিনে খুব অল্প পরিমাণে অ্যানিলিন আছে। কিভাবে এই অ্যানিলিন দূর করবে ?

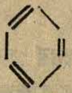
4.18 সোডিয়াম ফেনেটের জলীয় দ্রবণে CO_2 চালনা করলে কি হয় ? কেন ? **4.19** মধ্যম তেল কি ?

4.20 বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ কর : ফেনল $\xrightarrow{\text{জলীয় NaOH}}$ A $\xrightarrow{CO_2}$ B + C

4.21 সোডিয়াম বেনজোয়েট ও সোডিয়াম ফেনেটের জলীয় দ্রবণের মধ্যে পৃথক ভাবে CO_2 চালনা করলে কি হয় ? এর থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড, ফেনল ও কার্বনিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক আম্লিকতা সম্বন্ধে কি ধারণা করা যায় ?

4.22 বেনজিন শুষ্ক করা হয় কিভাবে ? একেবারে নির্জল বেনজিন কিভাবে পাওয়া যায় ?

বেনজিন,



অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর প্রথম সদস্য হল বেনজিন। 1825 খ্রীষ্টাব্দে **মাইকেল ফ্যারাডে** (Michael Faraday) বেনজিন আবিষ্কার করেন। তিমি মাছের তেল থেকে গ্যাস প্রস্তুত করে এই গ্যাস লণ্ডন শহরে আলো জ্বালাবার জন্য ব্যবহৃত হত। খুব শীতে এই গ্যাস জ্বালাতে অসুবিধা উপস্থিত হয়। সমস্যাটি সমাধানের জন্য ফ্যারাডের ডাক পড়ে। ফ্যারাডে এই আলো জ্বালাবার গ্যাস পাইপে জমা তেল থেকে বেনজিন আবিষ্কার করেন। পরবর্তী পর্যায়ে (1833 খ্রীঃ) **মিতসারলিস** (Mitscherlisch) গামবেনজয়েন (gumbenzoin)-কে কলিচুন সহযোগে পাতিত করে বেনজিন প্রস্তুত করেন। গামবেনজয়েন থেকে পাওয়া যায় বলে তিনি যৌগটির নামকরণ করেন বেনজিন। 1845 খ্রীষ্টাব্দে **হফম্যান** (Hofmann) কোল-টার বা আলকাতরা থেকে বেনজিন প্রস্তুত করতে সমর্থ হন। আলকাতরাই এখনও পর্যন্ত বেনজিনের সব থেকে গুরুত্বপূর্ণ উৎস।

● পণ্য উৎপাদন (Manufacture) :

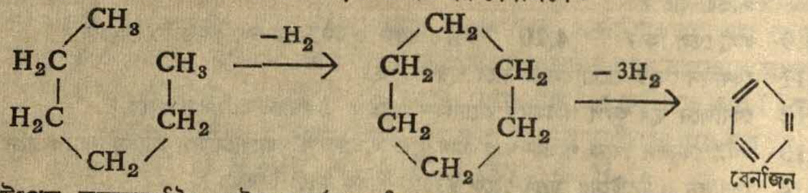
দুটি পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। বেশীর ভাগ বেনজিনই আলকাতরা থেকে উৎপাদন করা হয়। কোন কোন দেশে যেমন আমেরিকাতে পেট্রোলিয়াম থেকেও বেনজিন উৎপাদন করা হয়।

(1) আলকাতরা থেকে (From coal-tar)—পৃঃ 335 দ্রষ্টব্য।

(2) পেট্রোলিয়াম থেকে (From Petroleum)

অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন সমৃদ্ধ পেট্রোল বাষ্প (পেট্রোলিয়াম পাতনের গ্যাসোলিন ও ন্যাপথা অংশ) 15 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 500° সে. উষ্ণতায় প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপর দিয়ে

চালনা করলে প্যারাফিনগুলি সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনে রূপান্তরিত হয়ে যায়। যেমন n-হেক্সেন রূপান্তরিত হয় বেনজিনে ঃ



উৎপন্ন অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ থেকে আংশিক পাতনের সাহায্যে বেনজিন পাওয়া যায়।

[অন্যান্য অনুঘটক যেমন ধাতব অক্সাইড অনুঘটক অ্যালুমিনার উপর ক্রোমিয়াম (VI) অক্সাইড বা মলিবডেনাম (VI) অক্সাইডও ব্যবহার করা হয়।]

প্রশ্ন ঃ 4.23 বেনজিন কে আবিষ্কার করেন ? **4.24** বেনজিন নামটি কোথা থেকে এসেছে ?
4.25 বেনজিনের দুটি গুরুত্বপূর্ণ উৎসের নাম কর।

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি (সংশ্লেষণ পদ্ধতি) ঃ

বাজারে বেনজিন সহজেই পাওয়া যায়। তাই পরীক্ষাগারে বেনজিন প্রস্তুতির প্রয়োজনই হয় না। নীচে বর্ণিত পদ্ধতিগুলির শুধু তাত্ত্বিক মূল্যই আছে ঃ

(1) অনার্দ্র সোডিয়াম বেনজোয়েটকে সোডালাইম সহযোগে পাতিত করলে বিশুদ্ধ বেনজিন পাওয়া যায় ঃ

$$\underset{\text{সোডিয়াম বেনজোয়েট}}{C_6H_5COONa} + NaOH \xrightarrow{CaO} C_6H_6 + Na_2CO_3$$

এটি একটি ডিকার্বক্সিলেসন পদ্ধতি এবং পদ্ধতিটি সোডিয়াম অ্যাসিটেট থেকে মিথেন প্রস্তুতির অনুরূপ।

(2) ফেনলকে জিংকের গুঁড়োর সঙ্গে মিশিয়ে পাতন করলে অথবা, ফেনলের বাষ্প উত্তপ্ত জিংকের ধূলির (zinc dust) উপর দিয়ে চালনা করলে বেনজিন পাওয়া যায় ঃ

$$C_6H_5OH + Zn \longrightarrow C_6H_6 + ZnO$$

(3) চাপের প্রভাবে অ্যাসিটিলিনকে 400°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে অথবা অ্যাসিটিলিনকে লোহিত-তপ্ত নলের ভিতর দিয়ে চালনা করলে 3 অণু অ্যাসিটিলিন পলিমেরাইজ করে বেনজিন উৎপন্ন করে (সঙ্গে অন্য অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনও উৎপন্ন হয়) ঃ $3C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6$

প্রশ্ন ঃ 4.26 ডিকার্বক্সিলেসন পদ্ধতিতে বেনজিন প্রস্তুতির সমীকরণ দাও। কোন অ্যালকেন প্রস্তুতিতে অনুরূপ পদ্ধতি ব্যবহার করা যায় কি ?
4.27 একটি অ্যালিফেটিক যৌগ থেকে বেনজিন প্রস্তুতির শর্তসহ সমীকরণ দাও।
4.28 পলিমেরিজেশন বিক্রিয়ার সাহায্যে বেনজিন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি লেখ।
4.29 নীচের যৌগগুলিকে বেনজিনে পরিবর্তিত কর ঃ
(i) বেনজোয়িক অ্যাসিড (C_6H_5COOH), (ii) ফেনল, (iii) অ্যাসিটিলিন।

● **ভৌত ধর্ম** (1) বেনজিন একটি নিজস্ব অদ্ভুত গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাংক 80·4°সে.)। বেনজিনকে শীতল করলে কেলাসাকারে জমে যায় (হিমাংক 5·5°সে.)।

(2) বেনজিন জলে অদ্রবণীয় এবং জল থেকে হালকা (আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·87)। [একটি পরীক্ষানলে বা বিয়োজী ফানেলে বেনজিন নিয়ে জল যোগ করে ভাল করে ঝাঁকিয়ে রেখে দিলে দুটি স্তরের সৃষ্টি হয়। নীচের স্তরে থাকে জল, উপরের স্তরে বেনজিন। এর থেকে বোঝা যায় বেনজিন জলে অদ্রবণীয় ও জল থেকে হালকা।]

ইথানল, ইথার ও অ্যাসিটোনের সঙ্গে বেনজিন যে কোন অনুপাতে মিশে যায়।

(3) বেনজিন একটি অতি **বিষাক্ত পদার্থ**। বর্তমানে যে যৌগগুলিকে **ক্যানসার-জনক** (carcinogenic) হিসাবে চিহ্নিত করা হয়েছে বেনজিন তাদের মধ্যে অন্যতম। আবার, বেনজিন **অত্যন্ত দাহ্য পদার্থ**। বায়ুতে এটি খুব ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে (যে কোন অ্যারোমেটিক যৌগই

ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে—অণুতে কার্বনের আনুপাতিক পরিমাণ বেশী থাকায় ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়)। বেনজিনে আগুন লাগার ফলে রাসায়নিক পরীক্ষাগারে অনেক মর্মান্তিক দুর্ঘটনা ঘটেছে।

বেনজিন নিয়ে কাজ করার সময় অত্যন্ত সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন। কখনও বেনজিন মুক্তশিখায় উত্তপ্ত করা উচিত নয়। বেনজিনকে পরীক্ষাগারে মুক্ত অবস্থায় বাষ্পায়িত করা উচিত নয়, ধূম্রাগারে (fume chamber) এই কাজ করা উচিত। বেনজিন বাষ্প প্রশ্বাসের সঙ্গে গ্রহণ করা সর্বথা বর্জনীয়।

(4) বেনজিন একটি উত্তম দ্রাবক। আয়োডিন, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অজৈব পদার্থ এবং তেল, চর্বি, রবার, রেজিন প্রভৃতি প্রচুর ধরনের জৈব যৌগকে বেনজিন দ্রবীভূত করতে পারে।

প্রশ্ন ঃ 4.30 একটি পরীক্ষানলে বেনজিন নিয়ে হিমমিশ্রে শীতল করলে কোন পরিবর্তন দেখবে কি?

4.31 একটি পরীক্ষানলে বেনজিন নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল। কি দেখবে? এর থেকে কি সিদ্ধান্ত করবে?

4.32 কিভাবে প্রমাণ করবে বেনজিন (i) জলে অদ্রবণীয়, (ii) জল থেকে হালকা।

4.33 বেনজিন ধোঁয়াটে শিখায় জ্বলে কেন?

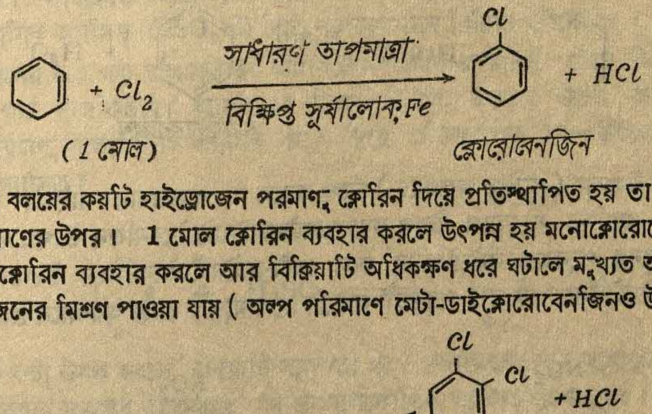
4.34 বেনজিন সম্পর্কে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন প্রয়োজন কেন?

● **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া ঃ** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে বেনজিনের আণবিক সংকেত অতি অসম্পৃক্তি নির্দেশ করলেও এই অসম্পৃক্তি ইথিলিনীয় অসম্পৃক্তি থেকে সম্পূর্ণ পৃথক। কোন কোন অবস্থায় বেনজিন যুত-বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করলেও **বেনজিনের মুখ্য ও বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।** বেনজিন সহজে জারিত হয় না। প্রথমে বেনজিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ও পরে যুত-বিক্রিয়াসমূহ আলোচনা করা হল।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঃ

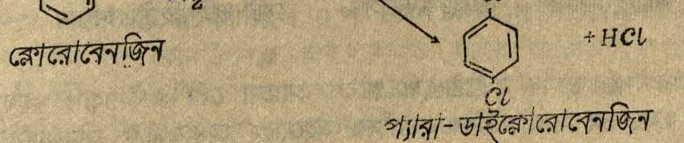
(1) **ক্লোরিনেশন (Chlorination) ঃ** ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার শর্ত অনুযায়ী বেনজিন যুত বা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে (যুত-বিক্রিয়ার জন্য পরে দেখ)।

সাধারণ উষ্ণতায়, বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে (প্রত্যক্ষ সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে) অনুঘটক হিসাবে কোন **হ্যালোজেন বাহক** (halogen carrier) যেমন লৌহচূর্ণ, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বা আয়োডিনের উপস্থিতিতে বেনজিনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়—উৎপন্ন হয় মনোক্লোরোবেনজিন ঃ



বেনজিন বলয়ের কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তা নির্ভর করে ক্লোরিনের পরিমাণের উপর। 1 মোল ক্লোরিন ব্যবহার করলে উৎপন্ন হয় মনোক্লোরোবেনজিন।

2 মোল ক্লোরিন ব্যবহার করলে আর বিক্রিয়াটি অধিকক্ষণ ধরে ঘটালে মুখ্যত অর্থো-ও প্যারা-ডাইক্লোরোবেনজিনের মিশ্রণ পাওয়া যায় (অল্প পরিমাণে মেটা-ডাইক্লোরোবেনজিনও উৎপন্ন হয়) ঃ



এইভাবে ট্রাইক্লোরোবেনজিন, টেট্রাক্লোরোবেনজিন ইত্যাদি উৎপন্ন করা যায়।

[ব্রোমিনও এইভাবে লোহচূর্ণ বা অ্যালুমিনিয়াম ট্রাইব্রোমাইডের (হ্যালোজেন বাহক) উপস্থিতিতে ব্রোমোবেনজিন উৎপন্ন করে ঃ

$$C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{Fe} C_6H_5Br + HBr$$

ব্রোমোবেনজিন

এইভাবে কিন্তু বেনজিনের আয়োডিনেসন (iodination) করা যায় না। বেনজিন, আয়োডিন ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ রিফ্লাক্স করে সাধারণত বেনজিনের আয়োডিনেসন করা হয় ঃ

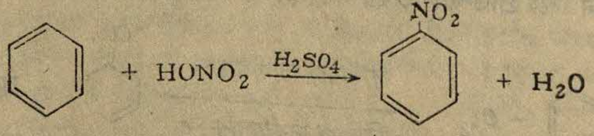
$$C_6H_6 + I_2 \xrightarrow{HNO_3} C_6H_5I + HI \;]$$

আয়োডোবেনজিন

ক্লোরিনের সঙ্গে বেনজিনের বিক্রিয়া শর্তের উপর নির্ভর করে। **সাধারণ উষ্ণতা,** বিক্ষিপ্ত সূর্যালোক ও কোন **হ্যালোজেন-বাহক** যেমন লোহ-চূর্ণ, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বা আয়োডিনের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে বেনজিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে।

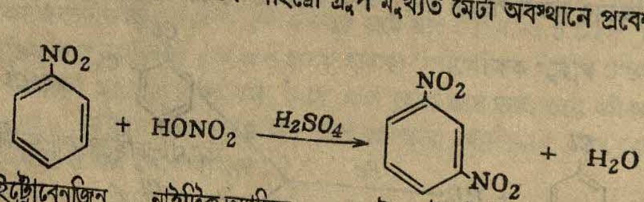
(2) **নাইট্রেসন (Nitration) বিক্রিয়া ঃ** এই বিক্রিয়ায় বেনজিনের হাইড্রোজেন পরমাণু নাইট্রো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। সাধারণত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ দ্বারা নাইট্রেসন বিক্রিয়া ঘটানো হয়—এই মিশ্রণকে মিশ্র অ্যাসিড (mixed acid) বলে।

বেনজিনকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ সহযোগে জলগাহে 60°সে. উষ্ণতার কাছাকাছি উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বেনজিনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি নাইট্রো (NO_2) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়—উৎপন্ন হয় নাইট্রোবেনজিন (পরে নাইট্রোবেনজিনের প্রস্তুতি দেখ—পৃঃ 361—362) ঃ



নাইট্রোবেনজিন

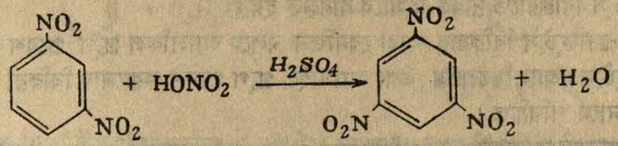
অধিক উষ্ণতায় (ফুটন্ত জলগাহে) উত্তপ্ত করলে বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয় (প্রথমে উৎপন্ন নাইট্রোবেনজিনের পুনরায় নাইট্রেসনের ফলে মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়। নাইট্রো (NO_2) গ্রুপ মেটা-নির্দেশক তাই পরবর্তী নাইট্রো গ্রুপ মুখ্যত মেটা অবস্থানে প্রবেশ করে) ঃ



নাইট্রোবেনজিন নাইট্রিক অ্যাসিড মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন

বেনজিন বলয়ে তৃতীয় নাইট্রোগ্রুপ প্রবেশ করানো বেশ কষ্টসাধ্য। ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে বেনজিনকে কয়েকদিন রিফ্লাক্স করলে

1, 3, 5-ট্রাইনাইট্রোবেনজিন (T.N.B.) উৎপন্ন হয় (তৃতীয় নাইট্রোগ্রুপটি উপস্থিত দুটি নাইট্রো-গ্রুপের সাপেক্ষেই মেটা অবস্থানে প্রবেশ করে) ঃ



মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন 1,3,5-ট্রাইনাইট্রোবেনজিন

যে বিক্রিয়ায় কোন জৈব যৌগের হাইড্রোজেন নাইট্রোগ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তাকে **নাইট্রেসন বিক্রিয়া** বলে। নাইট্রেসন বিক্রিয়া যে বিকারক দিয়ে ঘটানো হয় তাকে নাইট্রেটিং বিকারক (nitrating reagent) বলে। সাধারণত বিভিন্ন শক্তির নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ (মিশ্র অ্যাসিড) নাইট্রেটিং বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। যেমন, (i) গাঢ় HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ, (ii) ধূমায়মান HNO_3 ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ, (iii) ধূমায়মান HNO_3 ও ধূমায়মান H_2SO_4-এর মিশ্রণ।

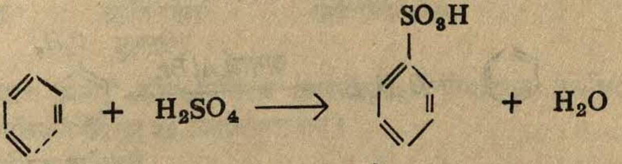
নাইট্রেসন বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অতি বিক্রিয়াশীল নাইট্রোনিয়াম আয়ন ($NO_2^{\oplus}$) উৎপন্ন করে। নাইট্রোনিয়াম আয়ন ($NO_2^{\oplus}$)-ই প্রকৃত নাইট্রেটিং বিকারক হিসাবে কাজ করে।

$$HNO_3 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons NO_2^{\oplus} + H_3O^{\oplus} + 2HSO_4^{\ominus}$$

নাইট্রেসন বিক্রিয়া অতি সতর্কতার সঙ্গে করা প্রয়োজন। অনেক সময় এই বিক্রিয়ায় বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

(3) **সালফোনেসন** (Sulphonation) **বিক্রিয়া** ঃ যে বিক্রিয়ায় কোন জৈব যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক অ্যাসিড (SO_3H) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় তাকে **সালফোনেসন বিক্রিয়া** বলে। সাধারণত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড ($ClSO_3H$) দিয়ে সালফোনেসন বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

বেনজিনের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাধারণ তাপমাত্রায় কোন বিক্রিয়া ঘটে না। বেনজিন ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ 80°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বেনজিনের হাইড্রোজেন পরমাণু সালফোনিক অ্যাসিড গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়—উৎপন্ন হয় বেনজিন-সালফোনিক অ্যাসিড ঃ



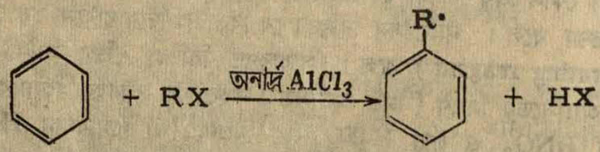
প্রায় 4 ঘণ্টা উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়াটি সুসম্পন্ন হয়। বেনজিনের সঙ্গে **ধূমায়মান সালফিউরিক** অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় **সাধারণ তাপমাত্রায়** বেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(4) **ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া** (Friedel-Crafts reaction) ঃ ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া অ্যারোমেটিক রসায়নের একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া। **অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজিন বলয়ে অ্যালকিল বা অ্যাসাইল গ্রুপ প্রবেশ করানোর বিক্রিয়া হল ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া।** অনুঘটক রূপে কোন উপযুক্ত ধাতব হ্যালাইড (লুইস অ্যাসিড) বা প্রোটন অ্যাসিড যেমন, HF, H_2SO_4 বা H_3PO_4 ব্যবহৃত হয়। **ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ার সব থেকে উল্লেখযোগ্য এবং গুরুত্বপূর্ণ অনুঘটক হল অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড।** অন্যান্য ধাতব হ্যালাইড যেমন

বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড (BF_3), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$), জিঙ্ক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$)-ও অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হতে পারে। সাধারণত যদি প্রয়োজন হয় নাইট্রোবেনজিন বা কার্বন ডাই-সালফাইড ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়াতে দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ার দ্বারা বেনজিন বলয়ে অ্যালকিল গ্রুপ প্রবেশ করানোর বিক্রিয়া **ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স অ্যালকিলেশন** এবং অ্যাসাইল গ্রুপ প্রবেশ করানোর বিক্রিয়া **ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স অ্যাসাইলেশন** নামে পরিচিত।

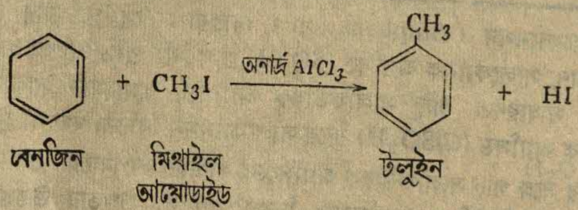
(*i*) **ফ্রিডেল ক্র্যাফ্‌টস্‌ অ্যালকিলেশন ঃ** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন অ্যালকিল গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, উৎপন্ন হয় অ্যালকিল বেনজিন ঃ



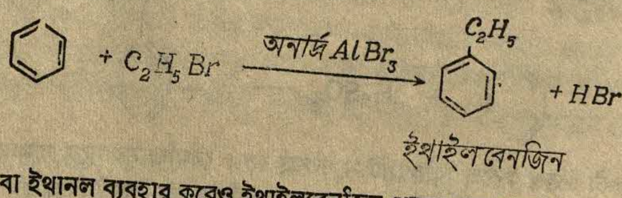
[X = Cl, Br, I]

অ্যালকিল হ্যালাইড ছাড়াও অ্যালকিলেটিং বিকারক (যে বিকারক অ্যালকিল গ্রুপ দেয় —**alkylating agent**) হিসাবে অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল, অলিফিন ইত্যাদি ব্যবহার করা যায়। ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স অ্যালকিলেসন বিক্রিয়ার সাহায্যে বেনজিনের বিভিন্ন সমগণ প্রস্তুত করা যায়।

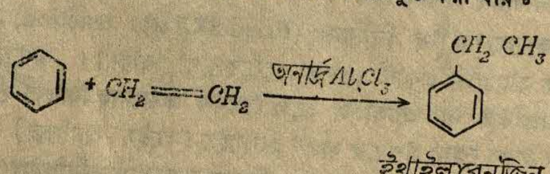
উদাহরণ ঃ (1) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় মিথাইলবেনজিন (টলুইন) উৎপন্ন হয় (মিথাইল হ্যালাইড-গুলির মধ্যে একমাত্র মিথাইল আয়োডাইডই সাধারণ তাপমাত্রায় তরল পদার্থ, তাই মিথাইল আয়োডাইড ব্যবহার করা হয়) ঃ

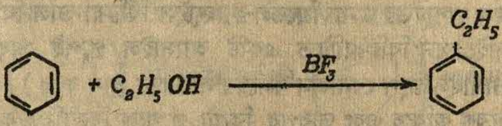


(2) অনুঘটকরূপে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ব্রোমাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে ইথাইল ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় ইথাইলবেনজিন উৎপন্ন হয় ঃ



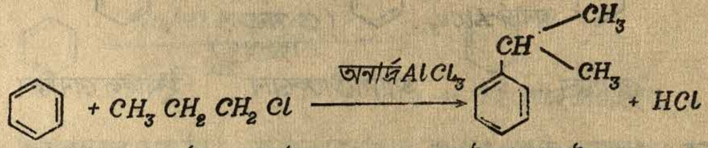
ইথিলিন বা ইথানল ব্যবহার করেও ইথাইলবেনজিন প্রস্তুত করা যায় ঃ





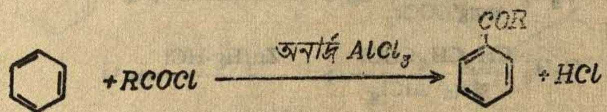
ইথাইল বেনজিন

[ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়াতে n-প্রপাইল হ্যালাইড অ্যালকিলেটিং বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হলে সাধারণত (বিশেষত উচ্চতর উষ্ণতায়) আইসোপ্রপাইল বেনজিন উৎপন্ন হয় ঃ



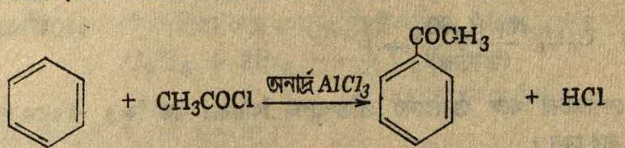
n-প্রপাইল ক্লোরাইড আইসো-প্রপাইল-বেনজিন

(ii) **ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স অ্যাসাইলেশন ঃ** অনুঘটক হিসাবে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে অ্যাসাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন অ্যাসাইল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়, উৎপন্ন হয় অ্যাসাইল বেনজিন (অ্যারোমেটিক কিটোন) ঃ



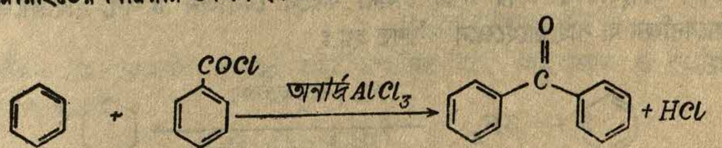
ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স অ্যাসাইলেসন বিক্রিয়ায় অ্যারোমেটিক কিটোন উৎপন্ন হয়।

উদাহরণ ঃ (1) অনুঘটকরূপে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোফেনোন (ফিনাইল ইথানোন) উৎপন্ন হয় ঃ



বেনজিন অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড অ্যাসিটোফেনোন

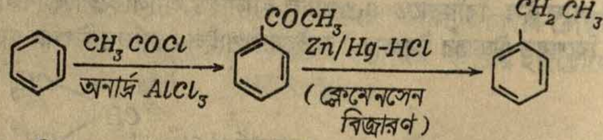
(2) অনুঘটকরূপে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে বেনজয়িল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় বেনজোফেনোন ঃ



বেনজিন বেনজয়িল ক্লোরাইড বেনজোফেনোন

[**এখানে একটা কথা উল্লেখ্য ঃ** ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স অ্যালকিলেসন বিক্রিয়া সাধারণত একটি অ্যালকিল গ্রুপ প্রবেশ করার পরই বন্ধ হয়ে যায় না। সাধারণত একাধিক অ্যালকিল গ্রুপ বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করে (কারণ, অ্যালকিল গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সক্রিয়তা বৃদ্ধি করে)। তাই

মনোঅ্যালকিল বেনজিন প্রস্তুতির জন্য ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্ট্স বিক্রিয়া ভাল বিক্রিয়া নয়। অপরপক্ষে ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্ট্স অ্যাসাইলেসন বিক্রিয়াটিতে একটি অ্যাসাইল গ্রুপই সাধারণত বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করে (কারণ, অ্যাসাইল গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সক্রিয়তা হ্রাস করে)। তাই প্রথমে অ্যাসাইল গ্রুপ বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করিয়ে এবং তারপর কিটো গ্রুপকে বিজারিত করে অ্যালকিল বেনজিন প্রস্তুত করাই অধিকতর শ্রেয়। যেমন,



বেনজিন অ্যাসিটোফেনোন ইথাইল বেনজিন

প্রশ্ন ঃ 4.35 নীচের গ্রুপগুলি কিভাবে বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করাবে ? (i) NO_2, (ii) CH_3, (iii) CH_2CH_3, (iv) $COCH_3$, (v) Cl, (vi) Br, (vii) $(CH_3)_2CH$, (viii) SO_3H.

4.36 নীচের সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ কর ঃ

(i) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3/} A \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{ধূমায়মান } HNO_3/} B \xrightarrow[\text{ধূমায়মান } H_2SO_4 \text{ (রিফ্লাক্স কয়েক দিন)}]{\text{ধূমায়মান } HNO_3} C$

(ii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3COCl} D \xrightarrow{Zn/Hg\text{-}HCl} E$

(iii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3CH_2COCl} F \xrightarrow{Zn/Hg\text{-}HCl} G$

(iv) $C_6H_6 + CH_3I \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} H$

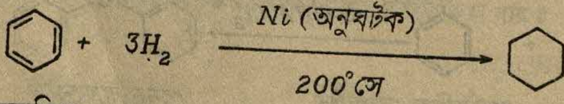
(v) $C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} I \xrightarrow{I_2/NaOH} J + K$

(vi) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{(রিফ্লাক্স)}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} L$

4.37 বেনজিনের সঙ্গে ক্লোরিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার শর্ত কি ? Fe-কে হ্যালোজেন বাহক বলা যায় কেন ?

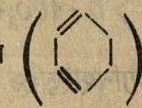
4.38 অ্যালকিলবেনজিন প্রস্তুতির জন্য ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্ট্স বিক্রিয়া একটি উত্তম বিক্রিয়া নয় কেন ?

যুত-বিক্রিয়া ঃ (1) বিজারণ—হাইড্রোজেন সংযুক্তি (Reduction—Addition of hydrogen) ঃ বেনজিনের বাষ্প ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ 200°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে বেনজিন 3 অণু হাইড্রোজেন গ্রহণ করে হেক্সাহাইড্রোবেনজিন বা সাইক্লোহেক্সেনে পরিণত হয় ঃ

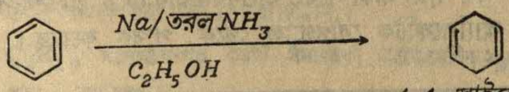


বেনজিন সাইক্লোহেক্সেন

[সাইক্লোহেক্সেন একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক 81°সে.)। দ্রাবক হিসাবে এবং নাইলন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।]

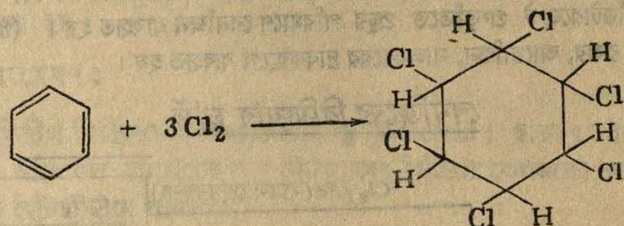
এই বিজারণে বেনজিন সাইক্লোহেক্সেনে বিজারিত হয়ে যায়। মাধ্যমিক পদার্থ হিসাবে সাইক্লোহেক্সাডাইইন  বা সাইক্লোহেক্সিন  পাওয়া যায় না, কারণ অলিফিন-গুলি বেনজিনের থেকে আরও সহজে বিজারিত হয়।

যদি বেনজিনকে অ্যালকোহলের উপস্থিতিতে Na (বা K বা Li) এবং তরল অ্যামোনিয়া দিয়ে বিজারিত করা যায় (**বার্চ-বিজারণ—Birch Reduction**) তাহলে বেনজিনকে 1, 4-সাইক্লোহেক্সাডাইইনে বিজারিত করা যায় ঃ



1,4-সাইক্লোহেক্সাডাইইন

(2) **হ্যালোজেন সংযুক্তি ঃ** ফুটন্ত বেনজিনে ক্লোরিন চালনা করলে বা সূর্যালোকে বা শক্তিশালী অতি বেগুনী রশ্মির প্রভাবে ক্লোরিন বেনজিনে সংযুক্ত হয়। বেনজিন 3 অণু ক্লোরিন সংযুক্ত করে বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড উৎপন্ন করে ঃ



[$C_6H_6 + 3Cl_2 \longrightarrow C_6H_6Cl_6$ (বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড)]

বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড সাদা রং-এর কঠিন পদার্থ এবং অনেকগুলি সমাবয়বী হিসাবে থাকে। এদের মধ্যে একটি (γ আইসোমার) গ্যামাক্সিন (gammaxane) নামে কীটনাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। গ্যামাক্সিনের অনেক বিরূপ প্রতিক্রিয়া থাকায় এর ব্যবহার ক্রমশ পরিত্যক্ত হচ্ছে।

ব্রোমিন ক্লোরিনের মতই বিক্রিয়া করে হেক্সাব্রোমোবেনজিন উৎপন্ন করে ঃ

$$C_6H_6 + 3Br_2 \longrightarrow \underset{\text{হেক্সাব্রোমোবেনজিন}}{C_6H_6Br_6}$$

আয়োডিন এইভাবে বিক্রিয়া করে না।

(3) **ওজোন সংযুক্তি ঃ** সাধারণ তাপমাত্রায় বেনজিনের মধ্যে ওজোনিত অক্সিজেন গ্যাস চালনা করলে বেনজিন তিন অণু ওজোন সংযুক্ত করে অস্থিতিশীল (unstable) বেনজিন ট্রাইওজোনাইড গঠন করে ঃ

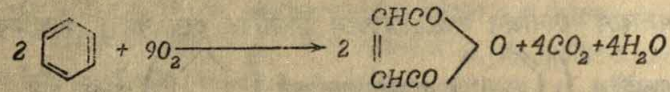
$$C_6H_6 + 3O_3 \longrightarrow \underset{\text{বেনজিন ট্রাইওজোনাইড}}{C_6H_6(O_3)_3}$$

বেনজিন ট্রাইওজোনাইড সহজেই আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে গ্লাইঅক্সাল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$C_6H_6(O_3)_3 \xrightarrow[\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}]{H_2O} \underset{\text{গ্লাইঅক্সাল}}{\begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix}} + 3H_2O_2$$

জারণ ঃ সাধারণ অবস্থায় বেনজিন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা আক্রান্ত হয় না। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সহযোগে ফোটালে বেনজিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে জারিত হয়ে

যায়। উচ্চ তাপমাত্রায় বেনজিনের বাষ্প ও বায়ুর মিশ্রণ ভ্যানাডিয়াম পেণ্টাক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে বেনজিন ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইডে জারিত হয়ে যায়ঃ

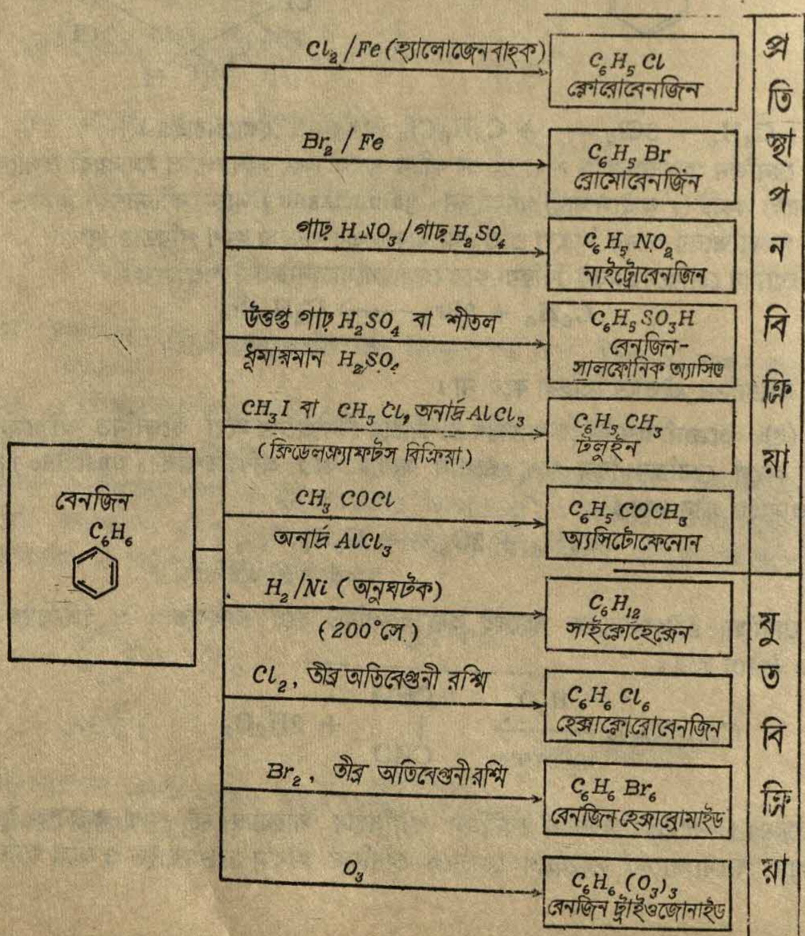


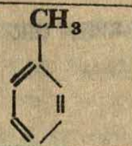
ম্যালেইক অ্যানহাইড্রাইড

> **বেনজিনের অসম্পৃক্তি ইথিলিনীয় অসম্পৃক্তি থেকে সম্পূর্ণ পৃথক।** ইথিলিনের মত বেনজিন ব্রোমিন/জল বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন করতে পারে না। বেনজিন হাইড্রোজেন হ্যালাইডকেও সংযুক্ত করতে পারে না। **বেনজিনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া হল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।** অসম্পৃক্তি থাকা সত্ত্বেও যুত-বিক্রিয়ার চেয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এবং স্থায়িত্ব বেনজিনকে অ্যালিফেটিক যৌগগুলি থেকে পৃথক করেছে। এই ধর্মই বেনজিনের **অ্যারোমেটিক ধর্ম**।

ব্যবহার ঃ (1) বেনজিনের সব থেকে বড় ব্যবহার হল **ইথাইলবেনজিন** প্রস্তুতিতে। ইথাইলবেনজিন থেকে স্টাইরিন ($C_6H_5CH = CH_2$) উৎপাদন করা হয়। স্টাইরিন কৃত্রিম রবার এবং পলিস্টাইরিন (polystyrene) প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (2) **ফেনল, নাইট্রোবেনজিন, অ্যানিলিন, নাইলন, ডি.ডি.টি., বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড,** অনেক ধরনের রং এবং অ্যালকিল অ্যারিল সালফোনেট ডিটারজেণ্ট প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে বেনজিন ব্যবহৃত হয়। (3) বেনজিন তেল, চর্বি, রেজিন, রবার, আয়োডিন, সালফারের দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়।

বেনজিনের বিক্রিয়ার চার্ট



টলুইন, 

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর বেনজিনের পরবর্তী সমগণ টলুইন। এটি একটি বেনজিনের মনোপ্রতিস্থাপিত জাতক। এর কোন আইসোমার নেই। দক্ষিণ আমেরিকার টলু গাছ (tolu tree) থেকে 1841 সালে প্রথম পাওয়া যায় বলে যৌগটির নাম টলুইন হয়েছে। টলুইনের মুখ্য উৎস আলকাতরা এবং পেট্রোলিয়াম।

প্রশ্ন : 4.39 C_8H_{10} সংকেতসম্পন্ন কয়টি সমাবয়বী অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন সম্ভব? প্রত্যেকটির গঠন ও নাম লেখ।

পণ্য উৎপাদন : (1) আলকাতরা থেকে (—পৃঃ 337 দ্রষ্টব্য)

(2) পেট্রোলিয়াম থেকে : বেনজিন প্রস্তুতির মত একই পদ্ধতিতে টলুইন প্রস্তুত করা হয় (পৃঃ 339 দ্রষ্টব্য)। n-হেপ্টেন টলুইনে পরিবর্তিত হয়। উৎপন্ন মিশ্রণ থেকে আংশিক পাতন করে টলুইন সংগ্রহ করা হয়।

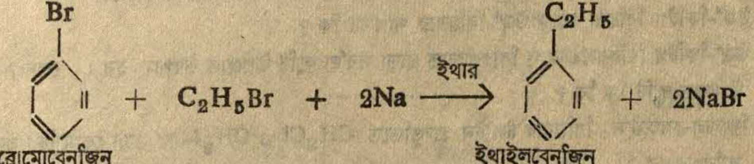
প্রস্তুতি—সংশ্লেষণ :

(1) **উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া (Wurtz-Fitting Reaction) দ্বারা :** ইথারীয় দ্রবণে অ্যারিল হ্যালাইড ও অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় বেনজিনের সমগণ প্রস্তুতির বিক্রিয়া উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া নামে পরিচিত :

$$Ar\,X + 2Na + X\,R \xrightarrow{\text{ইথার}} Ar\text{-}R + 2NaX$$

অ্যারিলহ্যালাইড — অ্যালকিল হ্যালাইড — অ্যালকিল জাতক

যেমন, ইথারীয় দ্রবণে সোডিয়ামের সঙ্গে ব্রোমোবেনজিন ও ইথাইল ব্রোমাইডের বিক্রিয়ায় ইথাইলবেনজিন উৎপন্ন হয় :

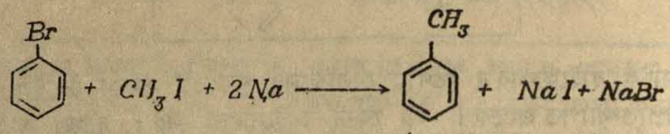


ব্রোমোবেনজিন — ইথাইলবেনজিন

[এই বিক্রিয়ায় উপজাত হিসাবে বাইফিনাইল ও ইথেন উৎপন্ন হয়।] উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়ায় যে বেনজিন সমগণ উৎপন্ন হয় তার গঠন জানা যায়। আবার উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়ার সাহায্যে নরমাল-পার্শ্ব শাখাও বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করানো যায় (ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দেখানো হয়েছে n-প্রপাইল ক্লোরাইড ব্যবহার করলে আইসোপ্রপাইল বেনজিন উৎপন্ন হয়)। ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ায় এই দুটি সুবিধা নেই।

[উর্জ বিক্রিয়ায় (Wurtz reaction) দুই অণু অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে অ্যালকেন প্রস্তুত হয়। যদি 2টির মধ্যে 1টি অ্যালকিল হ্যালাইড অণু 1টি অ্যারিল হ্যালাইড অণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা যায় তবে বিক্রিয়াটি উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া হয়ে যায়—অ্যালকেনের পরিবর্তে উৎপন্ন হয় অ্যালকিলবেনজিন।]

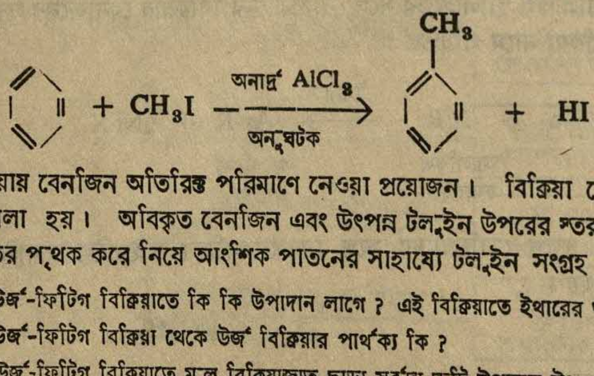
টলুইন প্রস্তুতি : ইথার মাধ্যমে ব্রোমোবেনজিন ও মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় টলুইন প্রস্তুত করা হয় :



ব্রোমোবেনজিন টলুইন

পদ্ধতি : একটি গোলতল ফ্লাস্কের সঙ্গে একটি শীতক খাড়া করে লাগানো হয় এবং শীতকের উপর একটি বিন্দুপাতী ফানেল বসানো থাকে। ফ্লাস্কটি শীতল জলে ঠান্ডা করার ব্যবস্থা থাকে। ফ্লাস্কের মধ্যে পরিষ্কার সোডিয়ামের টুকরো নিয়ে ইথার দিয়ে ঢেকে দেওয়া হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে ব্রোমোবেনজিন ও মিথাইল আয়োডাইডের (1 : 1) মিশ্রণ নেওয়া হয় এবং ধীরে ধীরে এই মিশ্রণ ফ্লাস্কের সোডিয়াম ও ইথারের মিশ্রণের মধ্যে ঢালা হয়। ফ্লাস্কটি ঝাঁকানো হয়। বিক্রিয়ায় যে তাপ উৎপন্ন হয় তাতেই মিশ্রণটি ফুটতে থাকে। প্রয়োজন হলে ফ্লাস্কটি শীতল জলে ঠান্ডা করা হয়। কয়েক ঘন্টা পরে ফ্লাস্কের তরল ঢেলে নিয়ে আংশিক পাতনের সাহায্যে টলুইন সংগ্রহ করা হয়।

(2) **ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া দ্বারা :** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে বেনজিনের সঙ্গে মিথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়া ঘটিয়ে টলুইন প্রস্তুত করা যায় :



এই বিক্রিয়ায় বেনজিন অতিরিক্ত পরিমাণে নেওয়া প্রয়োজন। বিক্রিয়া শেষে মিশ্রণটি বরফ শীতল জলে ঢালা হয়। অবিকৃত বেনজিন এবং উৎপন্ন টলুইন উপরের স্তর হিসাবে পৃথক হয়ে আসে। এই স্তর পৃথক করে নিয়ে আংশিক পাতনের সাহায্যে টলুইন সংগ্রহ করা হয়।

প্রশ্ন : **4.40** উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়াতে কি কি উপাদান লাগে ? এই বিক্রিয়াতে ইথারের ভূমিকা কি ?

4.41 উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া থেকে উর্জ বিক্রিয়ার পার্থক্য কি ?

4.42 উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়াতে মূল বিক্রিয়াজাত ছাড়া সর্বদা দুটি উপজাত উৎপন্ন হয়। কেন ? এই উপজাত দুটি কি কি ?

4.43 ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ায় টলুইন প্রস্তুতিতে CH_3Cl ও CH_3I-এর মধ্যে কোন্‌টির ব্যবহার সুবিধাজনক ?

ভৌত ধর্ম : (1) টলুইন বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক 111°সে., গলনাঙ্ক −95°সে.)।

(2) টলুইন জলে অদ্রবণীয় এবং জল থেকে হালকা।

[একটি পরীক্ষানলে টলুইন নিয়ে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে রেখে দিলে দুটি স্তর উৎপন্ন করে। টলুইন উপরের স্তরে থাকে।] টলুইন ইথার ও অ্যালকোহলে দ্রবণীয়।

প্রশ্ন : **4.44** টলুইনে অত্যল্প পরিমাণে জল থাকলে কিভাবে তা দূর করবে ?

4.45 কিভাবে দেখাবে টলুইন জলে অদ্রবণীয় ও জল থেকে হালকা ?

4.46 বেনজিন হিমমিশ্রে ঠান্ডা করলে কেলাসিত হয়। টলুইনের ক্ষেত্রে কি ঘটে ?

4.47 বেনজিন অণু সমতলীয়। টলুইন অণুও কি সমতলীয় ?

রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া : টলুইন বেনজিনের মতই অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। সুতরাং টলুইন ও বেনজিন একই ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অর্থাৎ টলুইনেরও মুখ্য ও বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়া প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া এবং উপযুক্ত শর্তে টলুইন কোন কোন যুত-বিক্রিয়াতেও অংশগ্রহণ করে। কিন্তু বেনজিনের সঙ্গে টলুইনের একটি বিশেষ প্রভেদ হল টলুইনের ক্ষেত্রে বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত একটি **মিথাইল পার্শ্বশাখা আছে,** বেনজিনে তা নেই। টলুইনের এই মিথাইল পার্শ্বশাখাও প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। আবার এই পার্শ্ব-শাখার জারণও সম্ভব। অর্থাৎ বেনজিন বলয় অপরিবর্তিত থেকে পার্শ্বশাখায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বা জারণ ঘটতে পারে। **শর্তের প্রকারভেদে টলুইনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বেনজিন বলয়ে বা পার্শ্বশাখায় ঘটতে পারে।** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে CH_3 গ্রুপ অর্থো/প্যারা নির্দেশক। তাই টলুইনের বেনজিন বলয়ের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা যৌগের মিশ্রণই প্রধানত পাওয়া যায়।

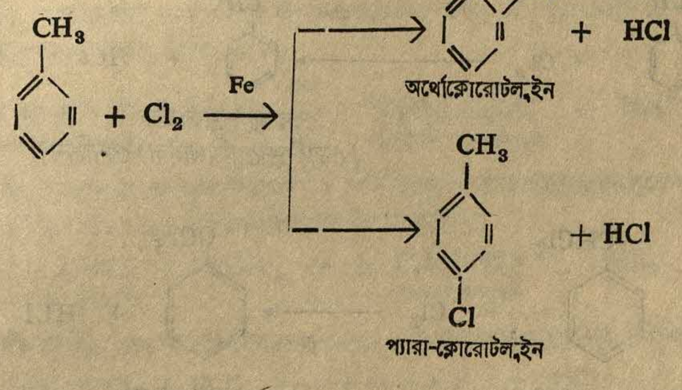
টলুইনের তিন ধরনের বিক্রিয়া ঘটে : (1) বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, (2) মিথাইল গ্রুপে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, (3) বেনজিন বলয়ে যুত-বিক্রিয়া। এছাড়া CH_3-গ্রুপের জারণও একটি প্রয়োজনীয় বিক্রিয়া।

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া :

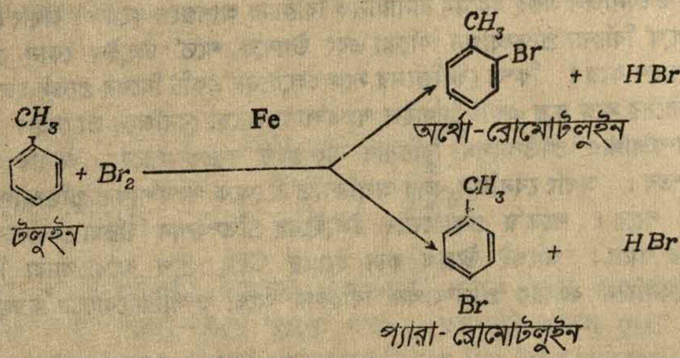
(1) **ক্লোরিনেসন :** ক্লোরিনের সঙ্গে টলুইনের বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার শর্ত অনুযায়ী বেনজিন বলয়ে বা মিথাইল গ্রুপে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটতে পারে।

(i) **বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন :** কম তাপমাত্রায় সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে এবং কোন হ্যালোজেন বাহক (যেমন লৌহচূর্ণ, অ্যালুমিনিয়াম বা অ্যান্টিমনির ক্লোরাইড ও ব্রোমাইড)-এর উপস্থিতিতে ক্লোরিনেসন ঘটালে ক্লোরিন বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। হ্যালোজেন বাহক হিসাবে সাধারণত লৌহচূর্ণ ব্যবহৃত হয়। ব্রোমিনও অনুরূপ ভাবে বিক্রিয়া করে।

শীতল অবস্থায়, লৌহচূর্ণের উপস্থিতিতে টলুইনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস (1 মোল) চালনা করলে অর্থো- ও প্যারা-ক্লোরোটলুইনের মিশ্রণ প্রধানত উৎপন্ন হয় :



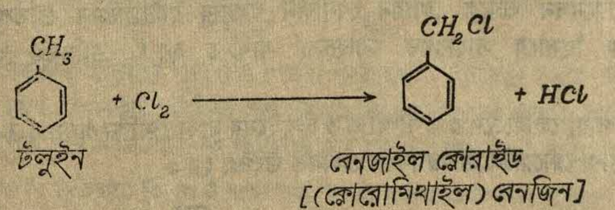
ব্রোমিনও অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে :

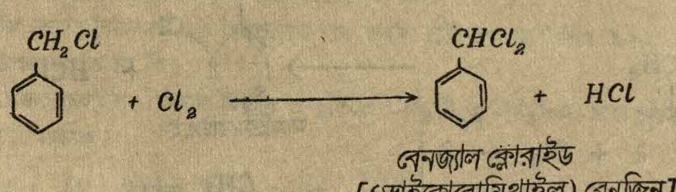


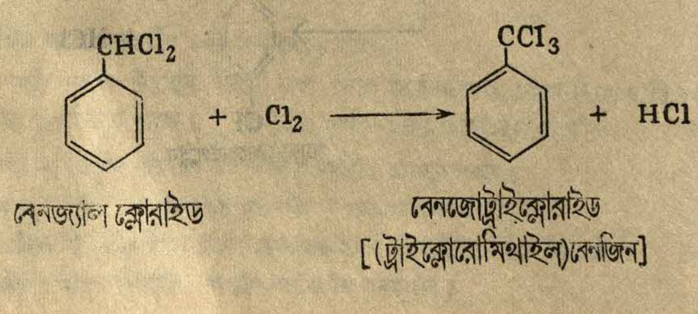
(ii) পার্শ্বশাখায় অর্থাৎ মিথাইল গ্রুপে প্রতিস্থাপন : উচ্চ তাপমাত্রায় আলোকের উপস্থিতিতে ও হ্যালোজেন বাহকের অনুপস্থিতিতে টলুইনের ক্লোরিনেসন বিক্রিয়ায় পার্শ্বশাখা হিসাবে উপস্থিত মিথাইল গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

[শর্তের তারতম্য ঘটিয়ে প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়া কৌশলের (**reaction mechanism**) পার্থক্য ঘটানো হচ্ছে। বিক্রিয়া কৌশলের পার্থক্যের জন্যই কোন ক্ষেত্রে বেনজিন বলয়ে আবার কোন ক্ষেত্রে পার্শ্বশাখায় প্রতিস্থাপন হচ্ছে। এ সম্বন্ধে পরে জানবে।]

আলোকের উপস্থিতিতে (অতি বেগুনী রশ্মি কার্যকরী) ফুটন্ত টলুইনের ভিতর ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে মিথাইল গ্রুপের হাইড্রোজেন পরমাণু একে একে ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে বেনজাইল ক্লোরাইড, বেনজ্যাল ক্লোরাইড (বা বেনজাইলিডিন ক্লোরাইড—**benzylidene chloride**) ও বেনজোট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন করে :



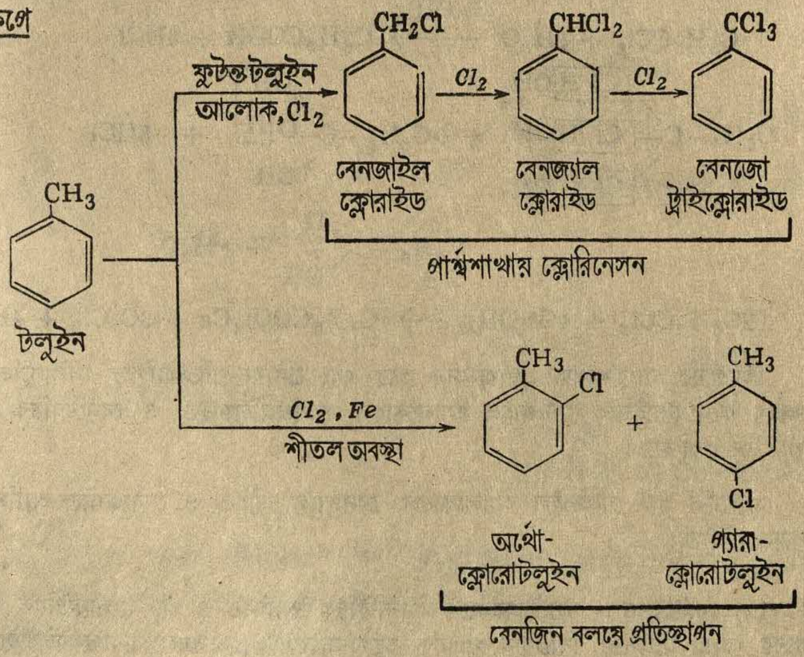




[তুলনীয়ঃ মিথেনের ক্লোরিনেসন]

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে পরীক্ষাগত অবস্থার নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে বেনজাইল ক্লোরাইড, বেনজ্যাল ক্লোরাইড ও বেনজো ট্রাইক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। ব্রোমিনও অনুরূপ ভাবে বিক্রিয়া করে।

<u>সংক্ষেপে</u>



টলুইনের ক্লোরিন-প্রতিস্থাপিত যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis of chlorinated products of toluene)ঃ টলুইনের দুধরনের ক্লোরিন-প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন হয়। বেনজিন বলয়ে ক্লোরিন-প্রতিস্থাপিত যৌগ মিথাইল গ্রুপে ক্লোরিন-প্রতিস্থাপিত যৌগ থেকে ধর্মে পৃথক হয়। বেনজিন বলয়ে ক্লোরিন-প্রতিস্থাপিত যৌগ (অর্থো- ও প্যারা-ক্লোরোটলুইন) সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না, কিন্তু মিথাইল গ্রুপে ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত যৌগ সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায়।

বেনজাইল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণঃ বেনজাইল ক্লোরাইড অ্যালকিল ক্লোরাইডের মত আচরণ করে। জলীয় ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে বেনজাইল ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায় এবং বেনজাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়ঃ

$$\underset{\text{বেনজাইল ক্লোরাইড}}{C_6H_5CH_2Cl} + NaOH \xrightarrow{\text{জল}} \underset{\text{বেনজাইল অ্যালকোহল}}{C_6H_5CH_2OH} + NaCl$$

বেনজ্যাল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণঃ জলীয় ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দ্বারা বেনজ্যাল ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে বেনজ্যালডিহাইড উৎপন্ন করেঃ

$$\underset{\text{বেনজ্যাল ক্লোরাইড}}{C_6H_5CHCl_2} + Ca(OH)_2 \longrightarrow \underset{\text{বেনজ্যালডিহাইড}}{C_6H_5CHO} + CaCl_2 + H_2O$$

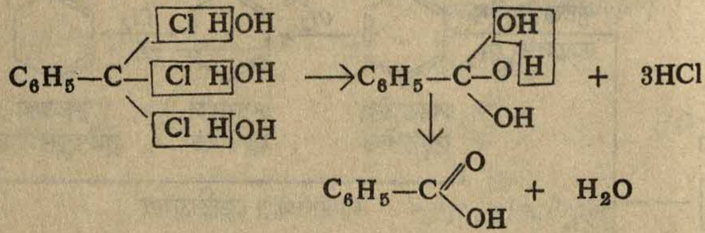
জলীয় অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারাও বেনজ্যাল ক্লোরাইড বেনজ্যালডিহাইডে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ঃ

$$C_6H_5CHCl_2 + H_2O \longrightarrow C_6H_5CHO + 2HCl$$

এ দুটি হল বেনজ্যালডিহাইডের পণ্য উৎপাদনের পদ্ধতি।

বেনজোট্রাইক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ জলীয় ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে বেনজোট্রাইক্লোরাইড বেনজোয়িক অ্যাসিডে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায় (অম্লায়িত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়)।

$$C_6H_5CCl_3 + 2H_2O \xrightarrow{Ca(OH)_2} C_6H_5COOH + 3HCl$$

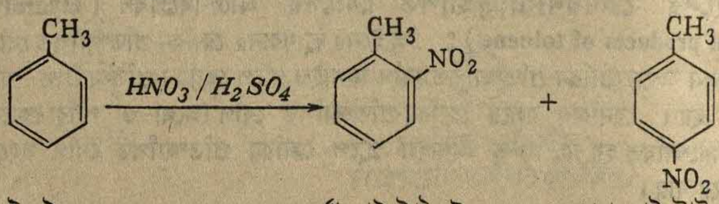


$$[2C_6H_5CCl_3 + 4Ca(OH)_2 \longrightarrow (C_6H_5COO)_2Ca + 3CaCl_2 + 4H_2O]$$

টলুইনের পার্শ্বশাখায় ক্লোরিনেসন করে এবং ক্লোরিন-প্রতিস্থাপিত যৌগগুলির আর্দ্র-বিশ্লেষণ করে টলুইনকে বেনজাইল অ্যালকোহল, বেনজ্যালিডাইড ও বেনজোয়িক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা যায়।

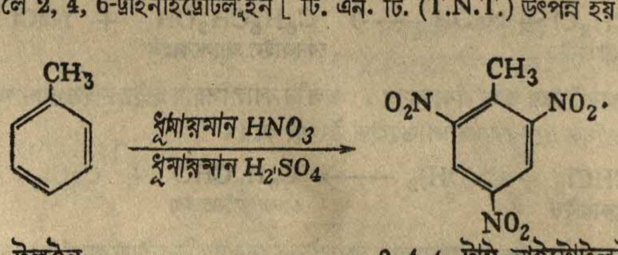
এইগুলি হল বেনজাইল অ্যালকোহল, বেনজ্যালডিহাইড ও বেনজোয়িক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতি।

(2) **নাইট্রেসন ঃ** টলুইনের সঙ্গে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের (মিশ্র অ্যাসিড) বিক্রিয়ায় প্রধানত অর্থো-নাইট্রোটলুইন ও প্যারা-নাইট্রোটলুইনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় ঃ



টলুইন অর্থো-নাইট্রোটলুইন প্যারা-নাইট্রোটলুইন

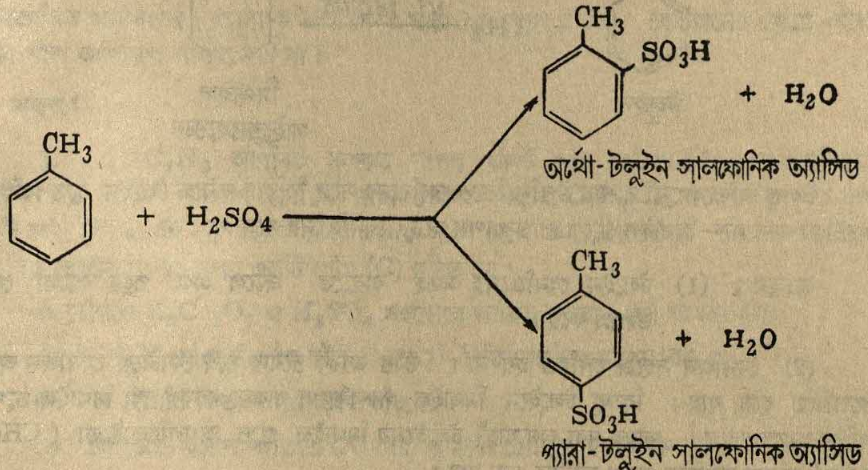
ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ দ্বারা টলুইনের নাইট্রেসন ঘটালে 2, 4, 6-ট্রাইনাইট্রোটলুইন [টি. এন. টি. (T.N.T.) উৎপন্ন হয় ঃ



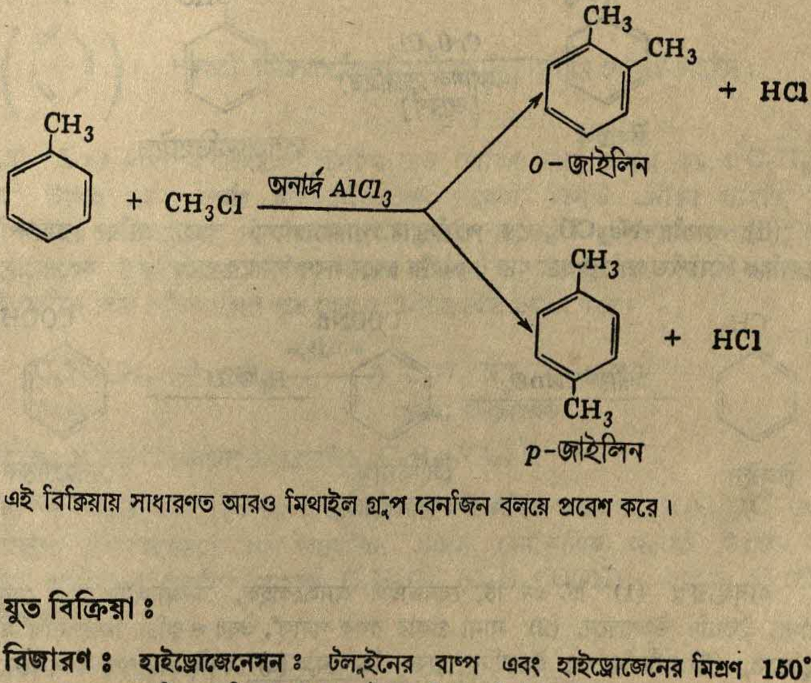
টলুইন 2,4,6-ট্রাই-নাইট্রোটলুইন

টি. এন. টি. বিস্ফোরক রূপে ব্যবহৃত হয়।

(3) **সালফোনেসন :** উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা সাধারণ তাপমাত্রায় ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে টলুইনের বিক্রিয়ায় প্রধানত অর্থো-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিড ও প্যারা-টলুইনসালফোনিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় :



(4) **ফ্রিডেল ক্র্যাফটস বিক্রিয়া :** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে টলুইন মিথাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অর্থো-ডাইমিথাইলবেনজিন (o-জাইলিন) ও প্যারা-ডাইমিথাইলবেনজিন (p-জাইলিন) উৎপন্ন করে :

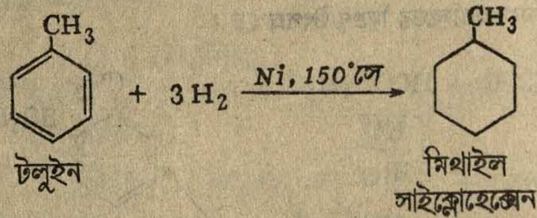


এই বিক্রিয়ায় সাধারণত আরও মিথাইল গ্রুপ বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করে।

যুত বিক্রিয়া :

বিজারণ : হাইড্রোজেনেসন : টলুইনের বাষ্প এবং হাইড্রোজেনের মিশ্রণ 150° সে. তাপমাত্রায় সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে টলুইন 3 অণু

হাইড্রোজেন গ্রহণ করে হেক্সাহাইড্রোটলুইন বা মিথাইলসাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন করে (তুলনীয় বেনজিনের বিজারণ)ঃ

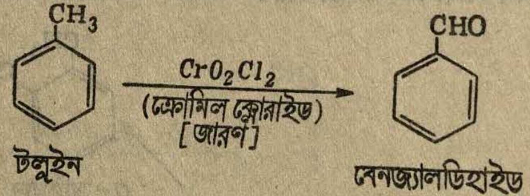


কিন্তু অতিবেগুনী রশ্মির উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে টলুইন যুত-বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না—মিথাইল গ্রুপে প্রতিস্থাপন ঘটে (বেনজিনের সঙ্গে পার্থক্য)।

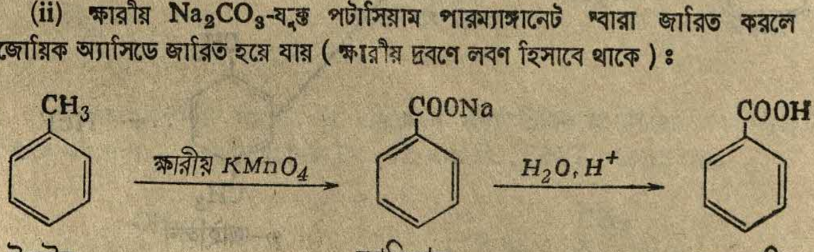
জারণ ঃ (1) টলুইন বেনজিনের মতই বায়ুতে জ্বলে এবং প্রচুর কালো ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

(2) বেনজিন সহজে জারিত হয় না। তীব্র জারক দ্রব্যের সঙ্গে ফোটালে বেনজিন অণুই বিযোজিত হয়ে যায়। কিন্তু টলুইনে মিথাইল পার্শ্বশাখা থাকায় জারক দ্রব্য মিথাইল গ্রুপকে জারিত করতে পারে। জারক দ্রব্য অনুযায়ী টলুইনের মিথাইল গ্রুপ অ্যালডিহাইডো (CHO) বা কার্বক্সিলিক অ্যাসিড গ্রুপে জারিত হয়ে যায় ঃ

(i) ক্রোমিল ক্লোরাইড টলুইনকে বেনজ্যালডিহাইডে জারিত করে দেয়। বিক্রিয়াটি **ইটারড** বিক্রিয়া (Etard reaction) নামে পরিচিত। এই বিক্রিয়ায় অধঃক্ষিপ্ত জটিল যৌগকে জল দিয়ে বিযোজিত করে বেনজ্যালডিহাইড পাওয়া যায় ঃ



(ii) ক্ষারীয় Na_2CO_3-যুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত করলে টলুইন বেনজোয়িক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায় (ক্ষারীয় দ্রবণে লবণ হিসাবে থাকে)ঃ



ব্যবহার ঃ (1) টি. এন. টি, বেনজাইল অ্যালকোহল, বেনজ্যালডিহাইড, বেনজোয়িক অ্যাসিড ইত্যাদি উৎপাদনে, (2) নানা প্রকার রঞ্জক পদার্থ, ঔষধ ও কৃত্রিম মিষ্টপদার্থ স্যাকারিন প্রস্তুতিতে, (3) বার্নিশ, রঙ ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে, (4) বেনজিনের পণ্য উৎপাদনে, টলুইন ব্যবহৃত হয়।

বেনজিন ও টলুইনের পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা : চাক্ষুষ পরীক্ষার সাহায্যে এই দুটি যৌগের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করা কঠিন। দুটি যৌগের মধ্যে এইভাবে পার্থক্য করা যায় : টলুইনকে ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিডের ক্ষার ধাতুর লবণ উৎপন্ন হয়। দ্রবণ ছেঁকে নিয়ে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে অম্লায়িত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিডের (গলনাঙ্ক 121°সে.) সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। বেনজিনের ক্ষেত্রে এইভাবে কোন সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না।

● সমস্যা

1. (a) C_7H_8 আণবিক সংকেত সম্পন্ন একটি জৈব যৌগের (A) মধ্যে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে অধিক পরিমাণ ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে $C_7H_5Cl_3$ আণবিক সংকেত সম্পন্ন একটি যৌগ (B) উৎপন্ন হয় যাহাকে চুনের জলের সাথে চাপে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে $C_7H_6O_2$ আণবিক সংকেত সম্পন্ন অপর একটি যৌগ (C) গঠিত হয়।

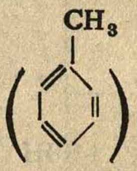
A যৌগকে $K_2Cr_2O_7$ ও H_2SO_4 সহযোগে জারিত করলেও (C) পাওয়া যায়।

A, B এবং C যৌগগুলি কি হইতে পারে ? বিক্রিয়াগুলির ব্যাখ্যা দাও।

(b) A যৌগটি কিভাবে সংশ্লেষণ করিবে ?

(c) লৌহচূর্ণের উপস্থিতিতে (A) যৌগের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে কি হইবে ?
(W. B. H. S.)

সমাধান : (a) অংশ (1) A-এর আণবিক সংকেত (C_7H_8) থেকে বোঝা যায় যে A একটি অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। এবং যেহেতু যৌগটিতে সাতটি কার্বন পরমাণু আছে, সুতরাং যৌগটি বেনজিনের পরবর্তী সমগণ অর্থাৎ, টলুইন



। পরবর্তী বিক্রিয়াগুলি থেকেও প্রমাণিত হয় যে যৌগটি টলুইন।

(2) A-এর মধ্যে সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে $C_7H_5Cl_3$ (B যৌগ) উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু তিনটি ক্লোরিন পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। টলুইনের পার্শ্বশাখায় (CH_3 গ্রুপে) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে এবং সূর্যালোকের উপস্থিতিতে অধিক পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ক্লোরিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে বেনজো ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$\underset{\text{টলুইন}}{C_6H_5CH_3} + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{সূর্যালোক}} \underset{\text{বেনজো ট্রাইক্লোরাইড}}{C_6H_5CCl_3} + 3HCl$$

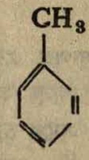
সুতরাং B যৌগটি বেনজো ট্রাইক্লোরাইড ($C_6H_5CCl_3$)।

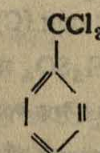
(3) B ($C_6H_5CCl_3$)-কে চাপের প্রভাবে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে $C_7H_6O_2$ (C) উৎপন্ন হয়। বেনজো ট্রাইক্লোরাইডকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বেনজোয়িক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $C_7H_6O_2$ (C_6H_5COOH)। সুতরাং C যৌগটি বেনজোয়িক অ্যাসিড।

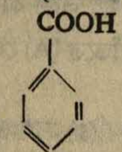
$$\underset{\text{বেনজো ট্রাইক্লোরাইড}}{C_6H_5CCl_3} \xrightarrow[\text{(ii) } H_2O,\, H^+]{\text{(i) } Ca(OH)_2} \underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH}$$

(4) A (C_7H_8) যৌগটিকে $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ দিয়ে জারিত করলে C ($C_7H_6O_2$) পাওয়া যায়। C যৌগটি বেনজোয়িক অ্যাসিড। $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ দিয়ে জারিত করলে টলুইনের পার্শ্বশাখা (CH_3) জারিত হয়ে COOH গ্রুপে পরিণত হয় অর্থাৎ বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

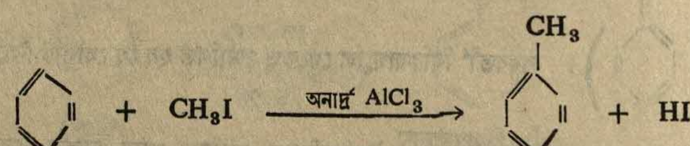
$$\underset{A}{C_6H_5CH_3} \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} \underset{C}{C_9H_5COOH}$$

সুতরাং, A ⟶ টলুইন, 

B ⟶ বেনজো ট্রাইক্লোরাইড, 

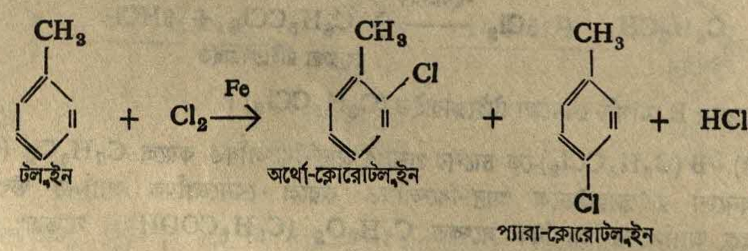
C ⟶ বেনজোয়িক অ্যাসিড, 

(b) টলুইনের সংশ্লেষণ : ফ্রিডেল-ক্র্যাকটস বিক্রিয়ার সাহায্যে :



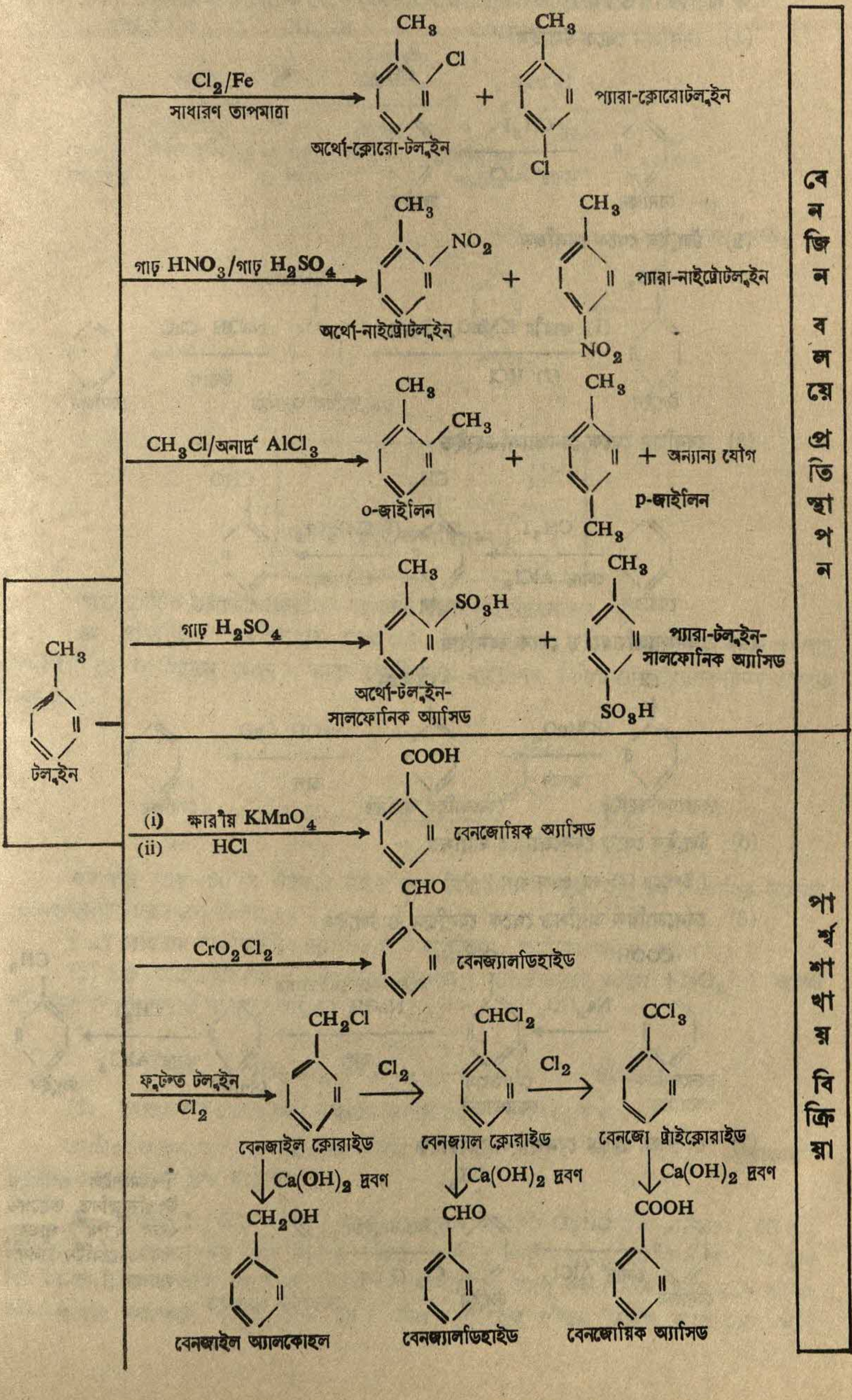
বেনজিন মিথাইল আয়োডাইড টলুইন

(c) লৌহচূর্ণের উপস্থিতিতে টলুইনে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে বেনজিন বলয়ে প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে এবং অর্থো- ও প্যারা-ক্লোরোটলুইনের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় :



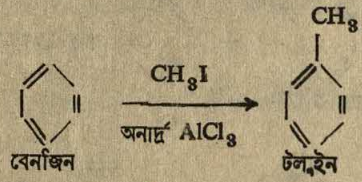
টলুইন অর্থো-ক্লোরোটলুইন প্যারা-ক্লোরোটলুইন

টলুইনের বিক্রিয়ার চার্ট

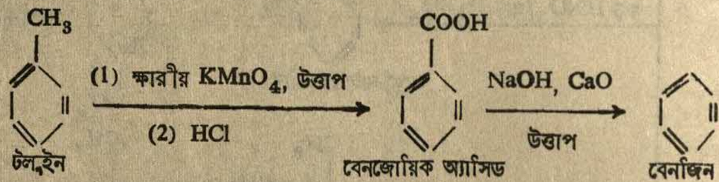


● রূপান্তরিতকরণ

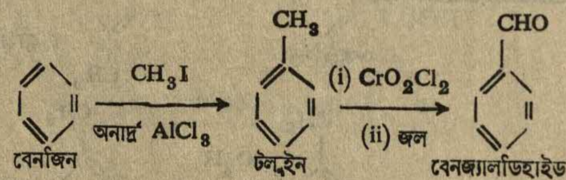
(1) বেনজিন থেকে টলুইন



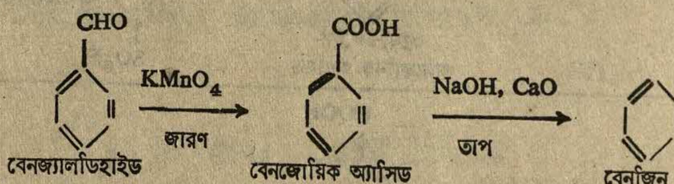
(2) টলুইন থেকে বেনজিন



(3) বেনজিন থেকে বেনজ্যালডিহাইড



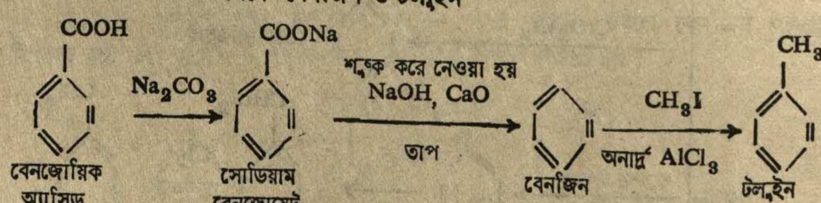
(4) বেনজ্যালডিহাইড থেকে বেনজিন



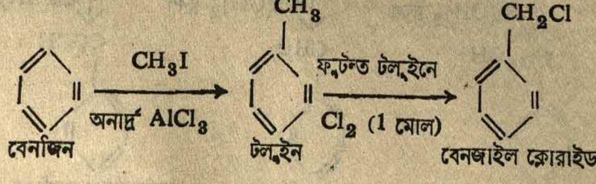
(5) টলুইন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড

[উপরের (2)-এর প্রথম ধাপ]

(6) বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে বেনজিন ও টলুইন

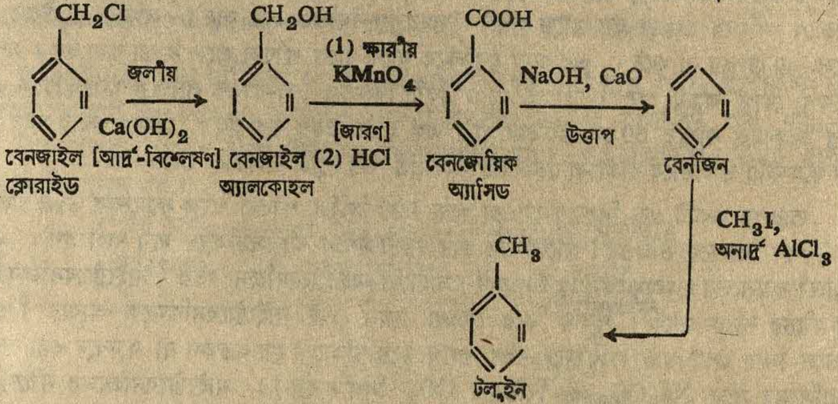


(7) বেনজিন থেকে বেনজাইল ক্লোরাইড

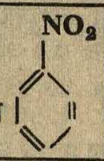


[বেনজাইল ক্লোরাইড উৎপত্তি জনিত তত্ত্বগত ওজন বৃদ্ধি পাওয়া পর্যন্ত ক্লোরিন চালনা করা হয়।]

(8) **বেনজাইল ক্লোরাইড থেকে বেনজাইল অ্যালকোহল, বেনজিন ও টলুইন**

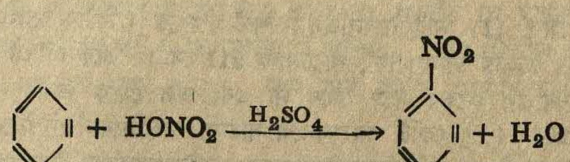


নাইট্রোবেনজিন



অ্যারোমেটিক নাইট্রোযৌগগুলির সরলতম সদস্য নাইট্রোবেনজিন।

● **প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার পদ্ধতি :** মিশ্র অ্যাসিড (গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ) দ্বারা বেনজিনের নাইট্রেসন বিক্রিয়ায় নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা হয় :



জলগাহে প্রায় 60°সে উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা হয়। অধিক উষ্ণতায় মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয়।

[এই বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড দুটি অপরিহার্য ভূমিকা পালন করে :

(1) প্রকৃত নাইট্রেটিং দ্রব্য (**nitrating agent**) নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2^+) যথেষ্ট পরিমাণে উৎপন্ন করতে সহায়তা করে :

$$HNO_3 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons \overset{\oplus}{NO_2} + H_3\overset{\oplus}{O} + 2HS\overset{\ominus}{O_4}$$

(2) উৎপন্ন জল শোষণ করে নাইট্রিক অ্যাসিডের লঘূভবন রোধ করে।

এসটারীফিকেসনের মত নাইট্রেসন উভমুখী বিক্রিয়া নয়। **তাই এক্ষেত্রে পশ্চাৎবর্তী বিক্রিয়াকে বাধাদানের প্রশ্ন ওঠে না।]**

● **পদ্ধতি :** 500 মি. লি. একটি গোলতল ফ্লাস্কে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড [50 গ্রাম (35 মি.লি.)] নেওয়া হয় এবং ফ্লাস্ক ঝাঁকাতে ঝাঁকাতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড [74 গ্রাম (40 মি.লি.) অল্প অল্প অংশে যোগ করা হয়। অ্যাসিড যোগ করার সময় মাঝে মাঝে শীতল জলে ডুবিয়ে ফ্লাস্ককে শীতল রাখা হয়। মিশ্র অ্যাসিডের শীতল মিশ্রণে অল্প অল্প অংশে

(2-3 মি.লি.) বেনজিন (30 মি.লি.) যোগ করা হয়। প্রতিবার বেনজিন যোগ করার পর ফ্লাস্ক ভালভাবে ঝাঁকিয়ে নেওয়া হয় যাতে সবটা উত্তমরূপে মিশ্রিত হয়ে যায়। লক্ষ্য রাখ, উষ্ণতা যেন 50°সে.-এর উপরে না ওঠে। এর জন্য ফ্লাস্ককে মাঝে মাঝে শীতল জলে ঠান্ডা করা হয়। সম্পূর্ণ বেনজিন যোগ করার পর ফ্লাস্কের মুখে একটি রিফ্লাক্স জল-শীতক লাগিয়ে ফ্লাস্কটিকে একটি উত্তপ্ত জলগাহে বসিয়ে 60°সে উষ্ণতায় প্রায় এক ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত করার সময় মাঝে মাঝে ফ্লাস্কটি ভালভাবে ঝাঁকানো হয় যাতে অমিশ্রিত স্তর দুটি ভালভাবে মেশে।

তারপর একটি বড় বিকারে নেওয়া প্রায় 500 মি.লি. শীতল জলে ফ্লাস্কের তরল ঢালা হয় এবং উৎপন্ন মিশ্রণকে ভালভাবে আলোড়িত করে যতটা সম্ভব অ্যাসিড ধুয়ে দূর করা হয়। একটি বিয়োজী ফানেলের (separating funnel) সাহায্যে নাইট্রোবেনজিন স্তর (নাইট্রোবেনজিন ভারী তাই নীচের স্তরে থাকে) পৃথক করে নেওয়া হয়। এই নাইট্রোবেনজিনকে আবার বিয়োজী ফানেলে নিয়ে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকানো হয় যতক্ষণ না বুদবুদ ওঠা বন্ধ হয় (অ্যাসিডের সঙ্গে Na_2CO_3-এর বিক্রিয়ায় CO_2 নির্গত হয়)। নাইট্রোবেনজিনের নীচের স্তর পৃথক করে আবার বিয়োজী ফানেলে নিয়ে জল দিয়ে ধৌত করা হয়। নাইট্রোবেনজিন স্তর পৃথক করে একটি শুষ্ক কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে জল দূর করার জন্য অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (প্রায় 5 গ্রাম) যোগ করা হয়। নাইট্রোবেনজিন স্বচ্ছ হয়ে গেলে ছেঁকে একটি ছোট পাতন ফ্লাস্কে নেওয়া হয় এবং বায়ুশীতক যোগ করে পাতন করা হয়। 206°—211°সে. উষ্ণতায় যে অংশ পাতিত হয় তা সংগ্রহ করলে ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরল হিসাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন (প্রায় 35 গ্রাম) পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : 4.48 নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুতিতে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ প্রয়োজন কেন ?

4.49 নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুতিতে ধূমায়মান HNO_3 ব্যবহার করলে কি হয় ?

4.50 নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুতিতে H_2SO_4-এর ভূমিকা কি ?

4.51 নাইট্রোবেনজিন পাতনের সময় বায়ু-শীতক ব্যবহার করা হয় কেন ?

● **ভৌত ধর্ম :** (1) নাইট্রোবেনজিন বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত (বিটার অ্যালমন্ড তেলের ন্যায় গন্ধ) ঈষৎ হলুদবর্ণের তৈলাক্ত তরলপদার্থ, স্ফুটনাঙ্ক 211°সে.। একে oil of mirbane বলে।

(2) নাইট্রোবেনজিন জলের সঙ্গে মেশে না এবং জল থেকে ভারী (20°সে. উষ্ণতায় আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.203)। [একটি পরীক্ষানলে সামান্য নাইট্রোবেনজিন নিয়ে জল যোগ করে ভালভাবে ঝাঁকিয়ে রেখে দিলে দুটি স্তর উৎপন্ন হয়—নাইট্রোবেনজিন ঈষৎ হলুদ তরল হিসাবে নীচের স্তর উৎপন্ন করে। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে নাইট্রোবেনজিন জলে অদ্রবণীয় এবং জল থেকে ভারী।] নাইট্রোবেনজিন অনেক জৈব তরলে দ্রাব্য। যেমন অ্যালকোহল, ইথার ও বেনজিনের সঙ্গে নাইট্রোবেনজিন যে কোন অনুপাতে মেশে।

(3) নাইট্রোবেনজিন বিষাক্ত, রক্তের স্রোতে শোষিত হলে লোহিত কণা ধ্বংস করে দেয়।

(4) নাইট্রোবেনজিন স্টীম-উদ্বায়ী অর্থাৎ স্টীম-পাতন করলে স্টীমের সঙ্গে বাষ্পাকারে বার হয়ে আসে।

প্রশ্ন : 4.52 কিভাবে প্রমাণ করবে নাইট্রোবেনজিন জলে অদ্রবণীয় এবং জল থেকে ভারী ?

4.53 নাইট্রোবেনজিনের রঙ কেমন ?

4.54 1 মি.লি. নাইট্রোবেনজিনের ওজন 1 গ্রাম থেকে বেশী না কম ?

● **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া :** নাইট্রোবেনজিন একটি সুস্থিত যৌগ। সাধারণত অ্যাসিড, ক্ষার বা জারক দ্রব্য দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

নাইট্রোবেনজিনের রাসায়নিক বিক্রিয়া দুই ভাগে ভাগ করা যায় :

(1) কার্যকরী গ্রুপ নাইট্রো (NO_2) গ্রুপের বিক্রিয়া : এই বিক্রিয়াগুলিতে বেনজিন বলয়ের কোন পরিবর্তন ঘটে না, শুধু নাইট্রো (NO_2) গ্রুপই পরিবর্তিত হয়।

(2) **বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়া :** এই বিক্রিয়াগুলিতে নাইট্রো গ্রুপ অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন অন্য পরমাণু বা গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

নাইট্রো গ্রুপের বিক্রিয়া : নাইট্রোবেনজিনের কার্যকরী গ্রুপ, NO_2 গ্রুপের সব থেকে গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া হল বিজারণ বিক্রিয়া। নাইট্রোবেনজিন সহজেই বিজারিত হয়ে যায়, তাই জারক দ্রব্য হিসাবে অনেক সময় নাইট্রোবেনজিন ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোবেনজিন নীচে দেখানো পর্যায়ক্রমে বিজারিত হয় :

$$\underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \longrightarrow \underset{\text{নাইট্রোসোবেনজিন}}{C_6H_5NO} \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন}}{C_6H_5NHOH}$$

$$\downarrow$$

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2}$$

বিজারণ বিক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত কি উৎপন্ন হবে তা মুখ্যত যে দ্রবণে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয় তার হাইড্রোজেন আয়ন গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে, বিজারকের প্রকৃতির উপরও নির্ভর করে—আম্লিক, প্রশম ও ক্ষারীয় দ্রবণে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয় [আবার, বিজারণের মাধ্যমিক পদার্থগুলির পারস্পরিক বিক্রিয়াতে অন্য পদার্থও উৎপন্ন হতে পারে]।

(i) **অ্যাসিড দ্রবণে বিজারণ** (ধাতু ও অ্যাসিড দ্বারা) **:** নাইট্রোবেনজিনকে Zn/HCl, Sn/HCl বা $SnCl_2/HCl$ দিয়ে বিজারিত করলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$2C_6H_5NO_2 + 3Sn + 12HCl \longrightarrow 2C_6H_5NH_2 + 3SnCl_4 + 4H_2O$$

$$(C_6H_5NO_2 + 6H \longrightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O)$$

দ্বিতীয় ভাবে বিক্রিয়াটি লিখলে মনে হতে পারে যে বিক্রিয়াটি যেন জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে ঘটছে। কিন্তু এই বিজারণ তা আম্লিক, প্রশম বা ক্ষারীয় যে মাধ্যমেই ঘটুক না কেন, জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে যে ঘটে না তা মোটামুটি নিশ্চিত। তবে প্রাথমিক পর্যায়ে সুবিধার জন্য এইভাবে বিজারণ দেখানো যেতে পারে। তবে মনে রাখতে হবে যে জায়মান হাইড্রোজেন দিয়ে বিজারণটি ঘটছে না।

(ii) **প্রশম দ্রবণে :** জিঙ্ক-রজ এবং জলীয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে বিজারিত করলে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন করে ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন (নাইট্রোবেনজিন জলে অদ্রবণীয় তাই বিক্রিয়াটি 50% অ্যালকোহল মাধ্যমে ঘটানোই বাঞ্ছনীয়) :

$$\underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow[\text{জলীয় অ্যালকোহল}]{\text{Zn-রজ}/NH_4Cl} \underset{\text{ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন}}{C_6H_5NHOH}$$

ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন তীব্র বিজারণ গুণসম্পন্ন—অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করতে পারে। (**তুলনীয় :** অ্যালডিহাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারকের বিক্রিয়া) :

$$\underset{\text{ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন}}{C_6H_5NHOH} + 2\,\underset{\text{টোলেন্স বিকারক}}{[Ag(NH_3)_2]^+OH^-}$$

$$\rightarrow RNO + 2Ag\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O$$

$$(C_6H_5NHOH + Ag_2O \longrightarrow C_6H_5NO + 2Ag\downarrow + H_2O)$$

তাই এই বিক্রিয়া নাইট্রোবেনজিনের বা কোন নাইট্রো গ্রুপের সনাক্তকরণ পরীক্ষার জন্য ব্যবহার করা যায় (NH_2 গ্রুপের উপস্থিতিতেও এই পরীক্ষায় অসুবিধা হয় না)।

(iii) **ক্ষারীয় দ্রবণে :** ক্ষারীয় দ্রবণে বিজারণ ঘটালে কি পদার্থ উৎপন্ন হবে তা বিজারক দ্রব্যের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

(a) জিঙ্ক-রজ ও মিথানলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে বিজারিত করলে অ্যাজোবেনজিন উৎপন্ন হয় :

$$2C_6H_5NO_2 \xrightarrow[CH_3OH]{Zn/NaOH} \underset{\text{অ্যাজোবেনজিন}}{C_6H_5N = N\,C_6H_5} + 4H_2O$$

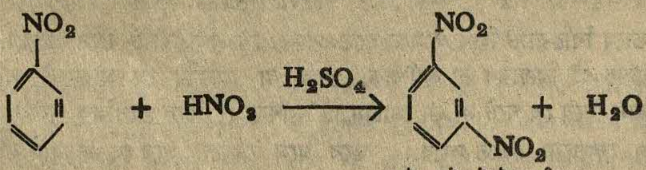
(b) জিঙ্ক-রজ এবং জলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে বিজারণ ঘটালে হাইড্রাজোবেনজিন উৎপন্ন হয় :

$$2C_6H_5NO_2 \xrightarrow[H_2O]{Zn/NaOH} \underset{\text{হাইড্রাজোবেনজিন}}{C_6H_5NHNHC_6H_5} + 4H_2O$$

● বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়া :

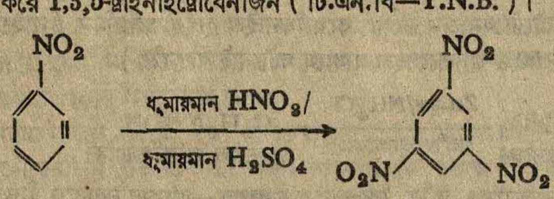
নাইট্রোবেনজিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় নাইট্রোগ্রুপের পরিপ্রেক্ষিতে **মেটা স্থানের** হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়। **NO_2 গ্রুপ মেটা-নির্দেশক**—তাই আগত প্রতিস্থাপকটি মুখ্যত মেটা স্থান অধিকার করে। কিন্তু এই সকল বিক্রিয়া অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের অনুরূপ বিক্রিয়া থেকে কষ্টসাধ্য এবং ঘটেও অনেক শ্লথ গতিতে (NO_2 গ্রুপের উপস্থিতিতে বেনজিন বলয়ের ক্রিয়াশীলতা কমে যায়)।

(i) ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে জলগাহে **উত্তপ্ত** করলে নাইট্রোবেনজিন মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত মিশ্রণ শীতল করে জলে ঢাললে ফিকে হলুদ বর্ণের মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন পৃথক হয়ে আসে :



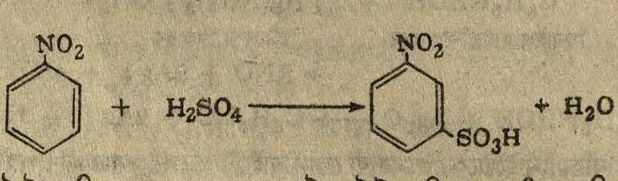
মেটা-ডাইনাইট্রোবেনজিন

ধূমায়মান HNO_3 ও ধূমায়মান H_2SO_4 সহযোগে কয়েকদিন রিফ্লাক্স করলে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন করে 1,3,5-ট্রাইনাইট্রোবেনজিন (টি.এন.বি—T.N.B.)।



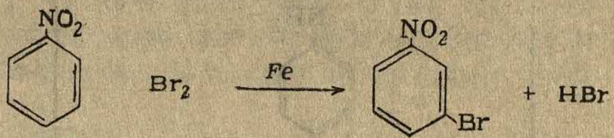
1, 3, 5-ট্রাইনাইট্রোবেনজিন

(ii) ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে নাইট্রোবেনজিনের বিক্রিয়ায় মেটা-নাইট্রোবেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :



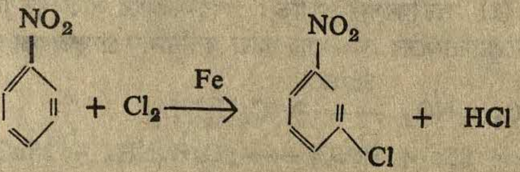
নাইট্রোবেনজিন মেটা-নাইট্রোবেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড

(iii) আয়রন চূর্ণের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেনজিনের সঙ্গে ব্রোমিনের ক্রিয়ায় মেটা-ব্রোমোনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয় ঃ



নাইট্রোবেনজিন মেটা-ব্রোমোনাইট্রোবেনজিন

আয়রন চূর্ণ, ফেরিক ক্লোরাইড বা অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে নাইট্রোবেনজিনের সঙ্গে ক্লোরিনের ক্রিয়ায় মেটা-ক্লোরোনাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন হয় ঃ



মেটা-ক্লোরোনাইট্রোবেনজিন

(iv) নাইট্রো গ্রুপের উপস্থিতিতে বেনজিন বলয়ের ক্রিয়াশীলতা কমে যাওয়ায় নাইট্রোবেনজিন ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। সুতরাং ফ্রিডেল ক্রাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়ার দ্রাবকরূপে নাইট্রোবেনজিন ব্যবহার করা যায়।

ব্যবহার ঃ (i) বুটপালিশে এবং সস্তা সাবানে সুগন্ধি রূপে, (2) অ্যানিলিন, বেনজিডিন প্রস্তুতিতে, (3) মৃদু জারক হিসাবে, (4) দ্রাবক হিসাবে, (5) রঞ্জক দ্রব্য উৎপাদনে, (6) বিস্ফোরক উৎপাদনে, নাইট্রোবেনজিন ব্যবহৃত হয়।

● পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ

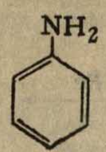
(1) নাইট্রোবেনজিন ফিকে হলুদ রং-এর জলে অদ্রবণীয় এবং জলের থেকে ভারী তরল পদার্থ।

(2) নাইট্রোবেনজিন টিন বা জিঙ্ক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যানিলিন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন অ্যানিলিন অ্যাজো-রঞ্জক পরীক্ষায় সাড়া দেয় (অ্যানিলিনের অ্যাজো-রঞ্জক পরীক্ষা দেখ)।

(3) নাইট্রোবেনজিন জলীয় অ্যালকোহল মাধ্যমে জিঙ্ক-রজ ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিনে বিজারিত হয়। উৎপন্ন ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারককে ধাতব সিলভারে (কালো বা ধূসর বর্ণের অধঃক্ষেপ) বিজারিত করে।

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষানলে কয়েক ফোঁটা নাইট্রোবেনজিন নিয়ে কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (0·5 গ্রাম), জিঙ্ক-রজ (0·5 গ্রাম) এবং 5 মিলি মত 50% অ্যালকোহল যোগ করা হল। মিশ্রণকে একটি জলগাহে কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করে উত্তপ্ত অবস্থায় অপর একটি পরীক্ষানলে নেওয়া অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট বা টোলেন্স বিকারকের মধ্যে ছাঁকা হল। অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ কালো হয়ে গেল অথবা ধূসর বা কালো অধঃক্ষেপ পড়ল। [পরীক্ষাটি মুলিকেন ও বার্কার (Mulliken and Barker) পরীক্ষা নামে পরিচিত।]

অ্যানিলিন বা ফিনাইল অ্যামিন



উনভারডরবেন (Unverdorben) 1826 সালে নীলের পাতনের দ্বারা অ্যানিলিন পান। 1841 সালে ফ্রিৎসে ইণ্ডিগোর (নীলের) পর্তুগীজ নাম অ্যানিল (anil) থেকে অ্যানিলিন নামকরণ করেন।

● **প্রস্তুতি:** (1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি:** পরীক্ষাগারে সাধারণত টিন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রোবেনজিনের বিজারণের দ্বারা অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়:

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn/HCl} C_6H_5NH_2$$

$$[2C_6H_5NO_2 + 3Sn + 12HCl \longrightarrow 2C_6H_5NH_2 + 3SnCl_4 + 4H_2O]$$

উৎপন্ন অ্যানিলিন, অ্যানিলিন স্ট্যানিক্লোরাইড হিসাবে দ্রবণে থেকে যায়:

$$SnCl_4 + 2HCl = H_2SnCl_6$$

$$2C_6H_5NH_2 + H_2SnCl_6 \longrightarrow \underset{\text{অ্যানিলিন স্ট্যানিক্লোরাইড}}{(C_6H_5NH_2)_2.H_2SnCl_6}$$

$$\text{বা, } [(C_6H_5NH_3^+)_2SnCl_6{}^{2-}]$$

দ্রবণকে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে ক্ষারীয় করলে অ্যানিলিন নির্গত হয় এবং ক্ষারীয় দ্রবণের স্টীম পাতনের দ্বারা পাতিতাংশ হিসাবে অ্যানিলিন পাওয়া যায়:

$$(C_6H_5NH_2)_2H_2SnCl_6 + 8NaOH \longrightarrow 2C_6H_5NH_2 + Na_2SnO_3 + 6NaCl + 5H_2O$$

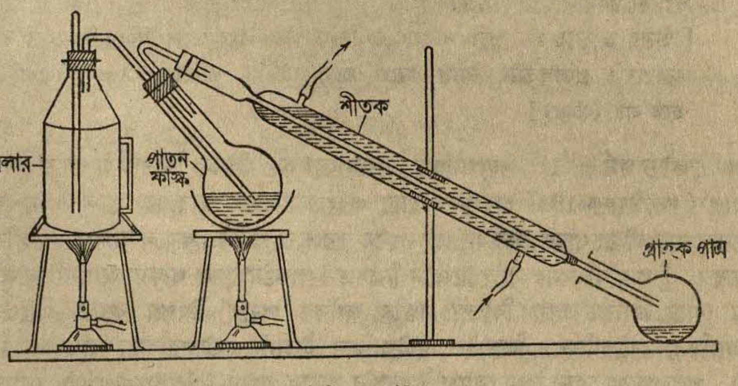
পদ্ধতি: রিফ্লাক্স শীতকযুক্ত একটি 500 মিলি. গোলতল ফ্লাস্কে নাইট্রোবেনজিন [25 গ্রাম (21 মিলি.)] এবং টিনের টুকরো (45 গ্রা.) নেওয়া হয়। 100 মিলি. গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রতিবারে প্রায় 15 মিলি. অংশ হিসাবে এর মধ্যে যোগ করা হয়। প্রতিবার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করার পর ফ্লাস্ককে ভালভাবে ঝাঁকানো হয়—মিশ্রণ ফুটতে থাকে এবং যদি মিশ্রণ খুব জোরে ফোটে ফ্লাস্ককে ক্ষণকাল ঠাণ্ডা জলে ডুবিয়ে বিজারণ বিক্রিয়া অপেক্ষাকৃত মন্থর করা হয়। সমস্ত HCl যোগ করার পর ফ্লাস্ককে একটি ফুটন্ত জলগাহে বসিয়ে প্রায় আধঘণ্টা (বা যতক্ষণ না কয়েক ফোঁটা বিক্রিয়া মিশ্রণকে জল দিয়ে লঘু করলে পরিপূর্ণ স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয়) উত্তপ্ত করা হয়। তারপর মিশ্রণকে সাধারণ উষ্ণতায় শীতল করে মিশ্রণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ (75 গ্রা. 125 মিলি. জলে) ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। অ্যানিলিন তেল হিসাবে পৃথক হয়ে আসে। এই ক্ষারীয় দ্রবণের স্টীম পাতনের (নীচে বর্ণিত হল) দ্বারা প্রাপ্ত পাতিতাংশ থেকে অ্যানিলিন পৃথক করা হয়।

● **ক্ষারীয় দ্রবণের স্টীম পাতন:**

[**স্টীম-পাতন (steam-distillation):** জৈব যৌগের পৃথকীকরণ ও বিশুদ্ধকরণের একটি পদ্ধতি হল স্টীম-পাতন। যে সব জৈব যৌগের বাষ্প চাপ (vapour pressure) বেশ ভাল এবং যারা জলে অদ্রাব্য বা প্রায় অদ্রাব্য তাদের জলীয় মিশ্রণে স্টীম চালনা করলে পদার্থগুলি স্টীমের সঙ্গে উদ্বায়ী হয়ে পাতিত হয়ে আসে। যৌগটি জলের সঙ্গে মেশে না বলে পাতিতাংশ থেকে সহজেই পৃথক করা যায়। স্টীম-পাতন জলের স্ফুটনাংকের নিম্ন উষ্ণতায় ঘটে—ফলে সাধারণত জৈব যৌগের স্ফুটনাংকের অনেক কম উষ্ণতায় ঘটে। যে সব জৈব যৌগ একক ভাবে

পাতিত করলে বিযোজিত হয়ে যায়, তাদের বিশুদ্ধীকরণের জন্য স্টীম-পাতন একটি মূল্যবান পদ্ধতি।]

পদ্ধতি ঃ 4.1 চিত্রে দেখানো মত যন্ত্রসজ্জা করা হয়। বাঁদিকের পাত্রে স্টীম উৎপন্ন করা হয়। মাঝের গোলতল ফ্লাস্কে অ্যানিলিনের ক্ষারীয় জলীয় মিশ্রণ নেওয়া হয়। ফ্লাস্কটির সঙ্গে একটি লিবিগ জল-শীতক এবং গ্রাহক পাত্র যোগ করা হয়। মাঝের গোলতল ফ্লাস্কটিকে ছোট



4.1 ঃ অ্যানিলিনের স্টীম পাতন।

শিখায় ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় এবং এর মধ্যে স্টীম পাঠানো হয়। অ্যানিলিন স্টীমের সঙ্গে বাষ্পাকারে বার হয়ে আসে এবং তরল হিসাবে গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। এইভাবে সমস্ত ঘোলাটে পাতিত তরল সংগ্রহ করার পর আরও প্রায় 120 মিলি. স্বচ্ছ তরল সংগ্রহ করা হয়।

গ্রাহক পাত্রের তরল দুটি স্তরে ভাগ হয়ে যায়। নীচের স্তরে থাকে অ্যানিলিন এবং উপরের স্তরে জল ও অ্যানিলিনের ইমালসান। সম্পূর্ণ তরলকে খাদ্য লবণ দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয় (20 গ্রাম খাদ্য লবণ প্রতি 100 মিলি. তরলের জন্য)। এতে ইমালসান ভেঙ্গে যায়। এরপর তরল থেকে অ্যানিলিনকে ইথার দ্বারা নিষ্কাশিত করা হয় (বিয়োজী ফানেলের সাহায্যে)। আর্দ্র ইথার দ্রবণে কঠিন পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করে দ্রবণকে নির্জল করা হয়। তারপর উষ্ণ জলগাহ থেকে পাতন করে ইথার পৃথক করে নেওয়া হয়। অবশিষ্ট তরলকে বায়ুশীতক ব্যবহার করে সরাসরি উত্তপ্ত করে পাতন করলে 180°—184°সে. উষ্ণতায় পাতিতাংশ হিসাবে অ্যানিলিন সংগ্রহ করা হয়। পুনঃ পাতন করলে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন পাওয়া যায়।

(2) আয়রন, জল এবং অল্প পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রোবেনজিনের বিজারণের দ্বারা শিল্প পদ্ধতিতে অ্যানিলিন উৎপাদন করা হয়।

(3) **ক্লোরোবেনজিন থেকে ঃ** কিউপ্রাস অক্সাইড ও কিউপ্রাস ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে উচ্চচাপে (60 বায়ুমন্ডলীয় চাপে) অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণের সঙ্গে 200° সে. তাপমাত্রায় ক্লোরোবেনজিন উত্তপ্ত করে শিল্প পদ্ধতিতে অ্যানিলিন উৎপাদন করা হয় ঃ

$$2C_6H_5Cl + 2NH_3 + Cu_2O \xrightarrow{CuCl} 2C_6H_5NH_2 + 2CuCl + H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস ক্লোরাইড অনুঘটকরূপে কাজ করে। কিউপ্রাস অক্সাইড অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হওয়া নিবারণ করে—অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বিক্রিয়াকে শ্লথ করে দেয়।

এছাড়া আরও দুটি পদ্ধতিতে অ্যানিলিন প্রস্তুত করা যায়। এগুলির বিশেষ ব্যবহারিক মূল্য নাই।

(4) **বেনজ্যামাইড থেকে ঃ** হফম্যান অবনয়ন বিক্রিয়া দ্বারা ঃ

$$C_6H_5CONH_2 \xrightarrow{Br_2/KOH} C_6H_5NH_2$$

(5) ফেনল থেকে ঃ

$$C_6H_5OH + NH_3 \xrightarrow{ZnCl_2} C_6H_5NH_2 + H_2O$$

প্রশ্ন ঃ 4.55 নাইট্রেসন বিক্রিয়ার (i) সাহায্য নিয়ে (ii) সাহায্য ছাড়া বেনজিনকে অ্যানিলিনে রূপান্তরিত কর।

4.56 অ্যানিলিনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে ক্ষারীয় দ্রবণ থেকে স্টীম-পাতন করে অ্যানিলিনকে পৃথক করা হয় কেন ?

[**উত্তর আভাষ ঃ** প্রচুর পরিমাণ উপস্থিত কঠিন এবং তরল অবিশুদ্ধি থেকে এইভাবে পৃথক করা হয়। প্রত্যক্ষভাবে উত্তপ্ত করলে তরল লাফিয়ে লাফিয়ে ওঠে এবং বিযোজিত হয়ে কালো হয়ে যায় (char)]

● **ভৌত ধর্ম ঃ** (1) সদ্যপাতিত অ্যানিলিন অপ্রীতিকর বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন তৈলাক্ত তরল পদার্থ (স্ফুটনাংক 184° সে.)। বায়ু এবং আলোতে জারণের ফলে শীঘ্র বাদামী এবং তারপর ঘোর বাদামী রং ধারণ করে। এই রঙীন তরলকে পাতিত করলে আবার বর্ণহীন অ্যানিলিন পাওয়া যায়। [অ্যানিলিনের নাইট্রোজেনে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল থাকায় অ্যানিলিন সহজেই বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে বিভিন্ন রঙীন জারিত পদার্থ উৎপন্ন করতে পারে (তুলনীয় ঃ হাইড্রক্সিল্যামিন, হাইড্রাজিন, ফিনাইল হাইড্রাজিন ইত্যাদি যৌগের বায়ু দ্বারা জারণ—পৃঃ 292 দ্রষ্টব্য)। প্রকৃতপক্ষে কোন জৈব যৌগে ইলেকট্রন সমৃদ্ধ কেন্দ্র (electron-rich centre) থাকলে জৈব যৌগটি বায়ুর অক্সিজেন দিয়ে জারিত হয়ে যেতে পারে। ফেনলের ক্ষেত্রেও অনুরূপ ঘটনা ঘটে (পরে দ্রষ্টব্য)।]

(2) অ্যানিলিন জলে অতি সামান্য দ্রাব্য (প্রায় 3%) এবং জল থেকে সামান্য ভারী (16° সে. তাপমাত্রায় আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·024)। জৈব তরল যেমন, অ্যালকোহল, ইথার বা বেনজিনে অ্যানিলিন সহজেই দ্রবীভূত হয়।

(3) অ্যানিলিন একটি বিষাক্ত পদার্থ।

(4) অ্যানিলিন একটি মৃদু ক্ষারক, কিন্তু এর ক্ষারকত্ব অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগ থেকে অনেক কম (পৃঃ 333 দ্রষ্টব্য)। অ্যানিলিন লাল লিটমাস সিক্ত কাগজকে নীল করতে পারে না।

প্রশ্ন ঃ 4.57 বিশুদ্ধ অ্যানিলিনের রং কি ? অ্যানিলিনের (বিশুদ্ধ) বোতল খোলার কিছুদিন পর এই বোতলের অ্যানিলিনের রং কি হয় ? কেন ?

4.58 অ্যানিলিনের একটি বোতল খুলে দেখলে যে অ্যানিলিনের রং ঘোর বাদামী। এই অ্যানিলিন কি বিশুদ্ধ ? বিশুদ্ধ না হলে কিভাবে বিশুদ্ধ করে অ্যানিলিনের নিজস্ব রং ফিরিয়ে আনবে ?

4.59 কিভাবে দেখাবে যে অ্যানিলিন জলে অদ্রবণীয় ?

রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া ঃ অ্যানিলিনে একটি —NH_2 গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত আছে। সুতরাং অ্যানিলিনের বিক্রিয়া হল (A) **কার্যকরী গ্রুপ —NH_2-এর বিক্রিয়া** এবং (B) **বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়া—বিশেষত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।**

তবে এখানে একটি কথা বিশেষভাবে মনে রাখতে হবে। —NH_2-এর বিক্রিয়াগুলি বেনজিন-বলয় নিরপেক্ষ নয় বা বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়াও —NH_2 নিরপেক্ষ নয়। অর্থাৎ উভয়েই উভয়ের বিক্রিয়াকে প্রভাবান্বিত করে। যেমন, অ্যানিলিনের ও অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিনের —NH_2 গ্রুপের সব বিক্রিয়াগুলি এক নয়। অনেক গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়াতে দুটির মধ্যে পার্থক্য দেখা যায় (যেমন, ডায়াজোটাইজেসন বিক্রিয়া)। আবার —NH_2 গ্রুপ থাকার ফলে বেনজিন বলয়ের ক্রিয়াশীলতা বেড়ে যায় এবং প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াতে অ্যানিলিনের আর্থো ও প্যারা স্থানের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়।

(A) —NH_2 গ্রুপের বিক্রিয়া :

(1) **ক্ষারক ধর্ম :** অ্যানিলিন একটি মৃদু ক্ষারক। নাইট্রোজেনের উপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড়ই অ্যানিলিনের ক্ষারকত্বের কারণ। তবে বেনজিন বলয়ের ইলেকট্রন আকর্ষণ ধর্মের জন্য অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিন থেকে অ্যানিলিনের ক্ষারক ধর্ম অনেক কম হয়।

তীব্র অজৈব অ্যাসিড যেমন গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যানিলিন কেলাসীয় কঠিন অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড ও অ্যানিলিন সালফেট লবণ উৎপন্ন করে :

$$C_6H_5NH_2 + HCl \longrightarrow C_6H_5NH_2.HCl$$

বা, $C_6H_5NH_3^+Cl^-$ (অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড বা ফিনাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)।

$$2C_6H_5NH_2 + H_2SO_4 \longrightarrow (C_6H_5NH_2)_2H_2SO_4$$

বা, $[(C_6H_5NH_3)_2]^{2+}SO_4^{2-}$ (অ্যানিলিন সালফেট)

এই লবণগুলি জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণে এই লবণগুলির আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী হয়। ঠাণ্ডা অবস্থায় লবণগুলির মধ্যে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করলে লবণগুলি থেকে অ্যানিলিন নির্গত হয় :

$$C_6H_5NH_3^+Cl^- + NaOH \longrightarrow C_6H_5NH_2 + NaCl + H_2O$$

অ্যানিলিন লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যায়।

প্রশ্ন : **4.60** অ্যানিলিন লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় কেন ?

4.61 অ্যানিলিনে (i) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, (ii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে কি হয় ? প্রতিটি ক্ষেত্রে অ্যাসিড যোগ করার পর জল যোগ করলে কি হয় ?

4.62 অ্যানিলিন যে একটি মৃদু ক্ষারক কিভাবে তা প্রমাণ করবে ?

4.63 ক্লোরোবেনজিন জলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয় কেন ?

4.64 ক্লোরোবেনজিন ও অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের ক্লোরিনের মধ্যে পার্থক্য করবে কি ভাবে ?

4.65 অ্যানিলিনে সিক্ত লাল/নীল লিটমাস কাগজ দিলে কি হয় ? অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে নীল/লাল লিটমাস কাগজ দিলে কি হয় ?

4.66 অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড একটি কেলাসীয় কঠিন পদার্থ এবং এটি জলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে কি হয় ?

(2) **কার্বিল-অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড বিক্রিয়া :** ক্লোরোফর্ম ও অ্যালকোহলীয় কষ্টিক পটাস দ্রবণের সঙ্গে অ্যানিলিন উত্তপ্ত করলে অতি উৎকট গন্ধযুক্ত ফিনাইল আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল-অ্যামিন উৎপন্ন হয়। কার্বিল-অ্যামিন একটি অতি বিষাক্ত পদার্থ। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যানিলিন সনাক্ত করা যায়। প্রকৃতপক্ষে প্রতিটি প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগই, তা অ্যালিফেটিক বা অ্যারোমেটিক যাই হোক না, এই বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে :

$$C_6H_5NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইল আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল-অ্যামিন}}{C_6H_5NC} + 3KCl + 3H_2O$$

কার্বিল-অ্যামিন ক্ষার দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। কিন্তু অ্যাসিডে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগটি উৎপন্ন করে। অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে ফিনাইল আইসোসায়ানাইড অ্যানিলিন উৎপন্ন করে।

[কার্বিল-অ্যামিন অত্যন্ত বিষাক্ত তাই কার্বিল-অ্যামিন পরীক্ষাটি হয়ে যাওয়ার পর অতিরিক্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করে কার্বিল-অ্যামিন বিযোজিত করে দেওয়া প্রয়োজন। গন্ধ চলে গেলে মিশ্রণ ফেলে দেওয়া উচিত।]

(3) **অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া :** অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড বা গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে অ্যানিলিনের —NH_2 গ্রুপের হাইড্রোজেন

অ্যাসিটাইল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এবং অ্যাসিট্যানিলাইড উৎপন্ন হয় (শীতল অবস্থাতেও বিক্রিয়াটি ঘটানো যায়— নীচে দেখ)। এই বিক্রিয়াকে অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া বলে।

$$C_6H_5NH_2 + CH_3COCl \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যানিলাইড}}{C_6H_5NHCOCH_3} + HCl$$

অ্যাসিট্যানিলাইড সাদা কেলাসীয় 114° সে. গলনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন পদার্থ। অ্যাসিট্যানিলাইড গঠন অ্যানিলিনের সনাক্তকরণে ব্যবহার করা হয়।

শীতল অবস্থায় অ্যাসিট্যানিলাইড প্রস্তুতি ঃ তুল্য পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত জলে অ্যানিলিন দ্রবীভূত করে তার মধ্যে সামান্য অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড যোগ করা হয় এবং তারপর তৎক্ষণাৎ উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট যোগ করলে অ্যাসিট্যানিলাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_5NH_2 + (CH_3CO)_2O \longrightarrow C_6H_5NHCOCH_3 + CH_3COOH$$

[অ্যাসিট্যানিলাইড একটি অ্যানিলাইড জাতীয় যৌগ। অ্যাসিড অ্যামাইডের ($RCONH_2$) নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত H ফিনাইল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপনের ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যানিলাইড বলে ঃ

$$\underset{\text{অ্যাসিট্যামাইড}}{CH_3CONH_2} \qquad \underset{\text{অ্যাসিট্যানিলাইড}}{CH_3CONHC_6H_5}$$]

(3) **বেনজয়িলেসন ঃ** অ্যানিলিন বেনজয়িল ক্লোরাইড ও অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণসহ ঝাঁকালে অ্যানিলিনের $-NH_2$ গ্রুপের হাইড্রোজেন বেনজয়িল (C_6H_5CO) গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় এবং সাদা কেলাসীয় কঠিন হিসাবে বেনজ্যানিলাইড পৃথক হয়ে আসে ঃ

$$C_6H_5NH_2 + C_6H_5COCl \longrightarrow \underset{\text{বেনজ্যানিলাইড}}{C_6H_5NHCOC_6H_5} + HCl$$

বিক্রিয়াটিকে বেনজয়িলেসন বিক্রিয়া বলে।

(4) **অ্যালকিলেসন ঃ** অ্যানিলিন ও অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যানিলিনের—NH_2 গ্রুপের হাইড্রোজেন অ্যালকিল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। [ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেসন বিক্রিয়াতে বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন অ্যালকিল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।] বিক্রিয়াতে প্রথমে সেকেন্ডারী অ্যামিন, পরে টারসিয়ারী অ্যামিন এবং শেষ পর্যন্ত কোয়াটারনারী অ্যামোনিয়াম যৌগ (quaternary ammonium compounds) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন যৌগগুলি লবণ হিসাবে থাকে (যেমন CH_3I ব্যবহার করলে হাইড্রোআয়োডাইড লবণ উৎপন্ন হয়)।

অ্যানিলিন ও মিথাইল আয়োডাইড বন্ধ নলে (sealed tube) উত্তপ্ত করলে প্রথমে মিথাইল-অ্যানিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_5NH_2 + CH_3I \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল অ্যানিলিন}}{C_6H_5NHCH_3} + HI$$

$$[C_6H_6NH_2CH_3]^+I^-$$

এবং তারপর ডাই-মিথাইলঅ্যানিলিন এবং শেষ পর্যন্ত ফিনাইলট্রাইমিথাইলঅ্যামোনিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_5NHCH_3 + CH_3I \longrightarrow \underset{\text{ডাইমিথাইলঅ্যানিলিন}}{C_6H_5N(CH_3)_3} + HI$$

$$[C_6H_5NH(CH_3)_2]^+I^-$$

$$C_6H_5N(CH_3)_2 + CH_3I \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইলট্রাইমিথাইলঅ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড}}{[C_6H_5N(CH_3)_3]^+I^-}$$

মিথাইল ক্লোরাইড ও মিথাইল ব্রোমাইডও অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে।

(5) অ্যানিলিন অ্যারোমেটিক অ্যালডিহাইডের সঙ্গে সংঘনন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে সিফ-ক্ষারক (Schiff base) উৎপন্ন করে। যেমন, অ্যানিলিন ও বেনজ্যালডিহাইড উত্তপ্ত করলে (125° সে.) বেনজিলিডিন অ্যানিলিন (একটি সিফ ক্ষারক) উৎপন্ন হয় :

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5N}\boxed{H_2+O}\underset{\text{বেনজ্যালডিহাইড}}{HCC_6H_5} \longrightarrow \underset{\text{বেনজিলিডিন অ্যানিলিন (একটি সিফ-ক্ষারক)}}{C_6H_5N = CHC_6H_5} + H_2O$$

(6) ডায়াজো বিক্রিয়া (Diazo Reaction) : উত্তমরূপে শীতলীকৃত (0°—5° সে.) অ্যানিলিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। প্রকৃতপক্ষে এই বিক্রিয়া হল বিক্রিয়া মাধ্যমে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রাস অ্যাসিডের ($NaNO_2 + HCl \longrightarrow NaCl + HNO_2$) সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়া।

$$NaNO_2 + HCl \longrightarrow NaCl + HNO_2$$
$$C_6H_5NH_2 + HNO_2 + HCl \longrightarrow C_6H_5N_2^+Cl^- + 2H_2O$$
$$\overline{C_6H_5NH_2 + NaNO_2 + 2HCl \longrightarrow C_6H_5N_2^+Cl^- + NaCl + 2H_2O}$$

এই বিক্রিয়ায় 0·5—1 তুল্য পরিমাণ অ্যাসিড অতিরিক্ত রাখা হয়—এই অতিরিক্ত অ্যাসিড ডায়াজোনিয়াম লবণের স্থায়িত্বের জন্য প্রয়োজন। সুতরাং সাধারণ বিক্রিয়া এইভাবে লেখা যায় :

$$C_6H_5NH_2 + NaNO_2 + 3HCl \xrightarrow{0°-5° \text{সে}} C_6H_5N_2^+Cl^- + NaCl + 2H_2O + HCl$$

এই বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা 0°—5° সে. রাখা গুরুত্বপূর্ণ নতুবা ডায়াজোনিয়াম লবণের ফেনলে বিযোজিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে প্রাথমিক পর্যায়ে $C_6H_5N_2Cl$ দিয়ে প্রকাশ করা যেতে পারে। তবে $[C_6H_5N^{\oplus}\equiv N:]Cl^-$ এইভাবে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে প্রকাশ করাই বাঞ্ছনীয়। এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়; সোডিয়াম নাইট্রাইটের পরিবর্তে পটাসিয়াম নাইট্রাইটও ব্যবহার করা যেতে পারে।

এই বিক্রিয়াকে ডায়াজো বিক্রিয়া এবং ডায়াজোনিয়াম লবণ প্রস্তুতির পদ্ধতিটিকে ডায়াজোটাইজেসন (Diazotisation) বলে।

বরফ শীতল অবস্থায় (0°—5° সে.) অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগ, (সাধারণত) একটি অজৈব অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের বিক্রিয়ায় অ্যারোমেটিক ডায়াজোনিয়াম যৌগ উৎপন্নের বিক্রিয়াকে ডায়াজোবিক্রিয়া বলে এবং অ্যারোমেটিক ডায়াজোনিয়াম লবণ প্রস্তুতির পদ্ধতিটিকে ডায়াজোটাইজেসন বলে।

অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগের সঙ্গে অনুরূপ বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন নির্গত হয়, ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন হয় না (অ্যালিফেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো ও অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগের মধ্যে পার্থক্য) :

$$RNH_2 + HNO_2 \longrightarrow ROH + N_2 + H_2O$$

বিক্রিয়াটি এইভাবে করা হয় : অ্যানিলিনের হাইড্রোক্লোরিক (বা সালফিউরিক অ্যাসিড) দ্রবণ বরফে শীতল করা হয় এবং উষ্ণতা 0°—5° সে.-এ রাখা হয়। শীতল অবস্থায় অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড (বা সালফেট) অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যেতে পারে এবং নাড়তে নাড়তে এর মধ্যে অল্প অল্প করে $NaNO_2$-এর জলীয় দ্রবণ যোগ করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণ আর্দ্র KI-স্টার্চ কাগজ নির্দেশককে

সঙ্গে সঙ্গে নীল করে দেয়। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড বা সালফেটের স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি তাপ উদ্গারী। বিক্রিয়ার সময় উষ্ণতা 0°—5° সে.-এ রাখা হয় (বরফে ঠাণ্ডা করে) নতুবা, ডায়াজো লবণ অংশত হাইড্রক্সিল যোগে পরিবর্তিত হয়ে যায়।

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + H_2O \longrightarrow C_6H_5OH + N_2 + HCl$$

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণ একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ পদার্থ। জৈব সংশ্লেষণে বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুতিতে ডায়াজোনিয়াম লবণ ব্যবহৃত হয়। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণ মুখ্যত দুই ধরনের বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে :

(1) যে বিক্রিয়াগুলিতে নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি (ডায়াজো গ্রুপ) কোন পরমাণু বা গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় ;

(2) যে বিক্রিয়াগুলিতে নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি থেকে যায়।

● যে বিক্রিয়াগুলিতে নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি (ডায়াজো গ্রুপ) কোন পরমাণু বা গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় :

(1) **হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপন :** বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে হাইপোফসফরাস অ্যাসিড যোগ করলে ডায়াজো গ্রুপের হাইড্রোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে বেনজিন উৎপন্ন হয় :

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + H_3PO_2 + H_2O \longrightarrow C_6H_6 + N_2 + H_3PO_3 + HCl$$

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে অ্যালকোহল সহ উত্তপ্ত করলেও বেনজিন পাওয়া যায় :

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + C_2H_5OH \longrightarrow C_6H_6 + CH_3CHO + N_2\uparrow + HCl$$

(2) **হাইড্রক্সিল (OH) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপন :** বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে ফেনল উৎপন্ন হয় (ডায়াজো গ্রুপ OH দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়) :

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + H_2O \longrightarrow \underset{\text{ফেনল}}{C_6H_5OH} + N_2\uparrow + HCl$$

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট দ্রবণকে ফোটালে বা স্টীম পাতন করলে ডায়াজো গ্রুপ হাইড্রক্সিল গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়ে ফেনল উৎপন্ন করে :

$$C_6H_5N_2^+HSO_4^- + H_2O \longrightarrow C_6H_5OH + N_2\uparrow + H_2SO_4$$

(3) **হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন :**

(i) **ক্লোরিন বা ব্রোমিন দিয়ে প্রতিস্থাপন :** অ্যারোমেটিক ডায়জোনিয়াম লবণের দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কিউপ্রাস ব্রোমাইড দ্রবণের মধ্যে যোগ করলে ডায়াজো গ্রুপ ক্লোরিন বা ব্রোমিন দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। বিক্রিয়াটিকে **স্যাণ্ডমেয়ার বিক্রিয়া (Sandmeyer reaction)** বলে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের মধ্যে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করলে ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয় :

$$C_6H_5N_2^+Cl^- \xrightarrow{CuCl/HCl} \underset{\text{ক্লোরোবেনজিন}}{C_6H_5Cl} + N_2$$

অনুরূপভাবে, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত কিউপ্রাস ব্রোমাইডের মধ্যে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড বা বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট যোগ করলে ব্রোমোবেনজিন উৎপন্ন হয় :

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + HBr \xrightarrow{CuBr/HBr} C_6H_5Br + N_2 + HCl$$

$$C_6H_5N_2^+HSO_4^- + HBr \xrightarrow{CuBr/HBr} C_6H_5Br + N_2 + H_2SO_4$$

(ii) **আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপন ঃ** বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে জলীয় পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ সহ ফোটালে আয়োডোবেনজিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + KI \longrightarrow C_6H_5I + KCl + N_2$$

(4) **সায়ানো (CN) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপন ঃ** বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সঙ্গে জলীয় পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণে দ্রবীভূত কিউপ্রাস সায়ানাইডের বিক্রিয়া ঘটালে ডায়াজো গ্রুপ সায়ানো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়। এটি স্যান্ডমেয়ার বিক্রিয়ারই একটি বিশেষ প্রয়োগ।

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + CuCN \xrightarrow{KCN} C_6H_5CN + N_2 + CuCl$$

বেনজোনাইট্রাইল

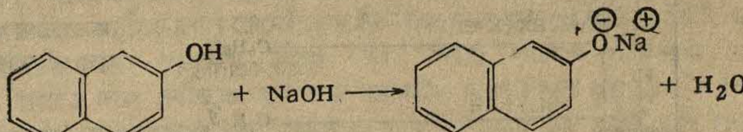
(5) **নাইট্রো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত ঃ** ডায়াজোনিয়াম ফ্লুওরোবোরেট প্রস্তুত করে এর সঙ্গে কপার যুক্ত জলীয় সোডিয়াম নাইট্রাইটের বিক্রিয়া ঘটালে ডায়াজো গ্রুপ নাইট্রো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয় ঃ

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HBF_4} C_6H_5N_2^{\oplus}BF_4^{\ominus} \xrightarrow[Cu]{NaNO_2} C_6H_5NO_2 + NaBF_4 + N_2$$

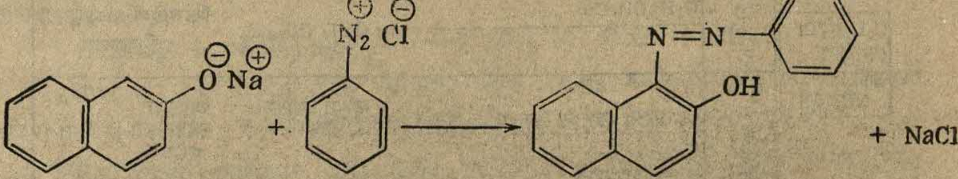
বেনজিনডায়াজোনিয়াম ফ্লুওবোরেট; নাইট্রোবেনজিন

যে বিক্রিয়াগুলিতে নাইট্রোজেন পরমাণু দুটি (অ্যাজো গ্রুপ) থেকে যায় ঃ

(1) **কাপলিং বিক্রিয়া (Coupling reaction) ঃ** (i) বিটা-ন্যাপথলকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত করে শীতল করার পর বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের শীতল দ্রবণ যোগ করলে কাপলিং বিক্রিয়া ঘটে এবং লাল রঙের অ্যাজো-রঞ্জক (বেনজিন অ্যাজো-β-ন্যাপথল) উৎপন্ন হয় ঃ



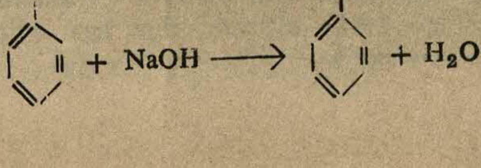
β – ন্যাপথল সোডিয়াম বিটা-ন্যাপথক্সাইড

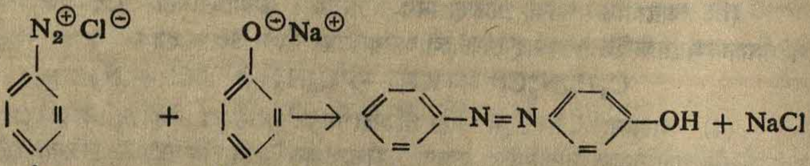


β-ন্যাপথক্সাইড বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড অ্যাজো রঞ্জক

এই বিক্রিয়াটি অ্যানিলিনের পরিচায়ক পরীক্ষা হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) ফেনলের শীতল ক্ষারীয় দ্রবণে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের শীতল দ্রবণ যোগ করলে হলুদ রং-এর অ্যাজো-রঞ্জক (গাঢ় দ্রবণে কমলা বর্ণের) উৎপন্ন হয় ঃ





(2) **বিজারণ ঃ** গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে স্ট্যানাস ক্লোরাইড বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে ফিনাইল হাইড্রাজিনে বিজারিত করে। ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড লবণ হিসাবে পাওয়া যায় ঃ

$$C_6H_5N_2^+Cl^- \xrightarrow{SnCl_2/HCl} C_6H_5NHNH_2\text{-}HCl$$

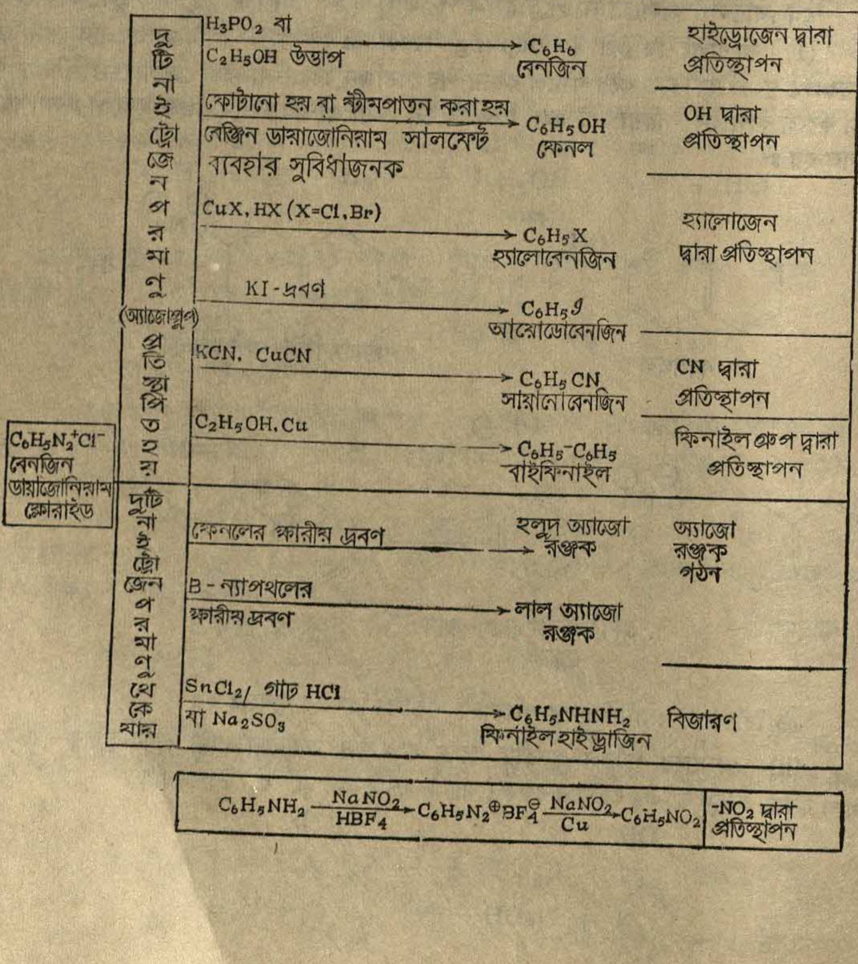
ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড

সোডিয়াম সালফাইটও এই বিজারণ ঘটায় ঃ

$$C_6H_5N_2^+Cl^- + 2Na_2SO_3 + 2H_2O \longrightarrow C_6H_5NHNH_2 + 2Na_2SO_4 + HCl$$

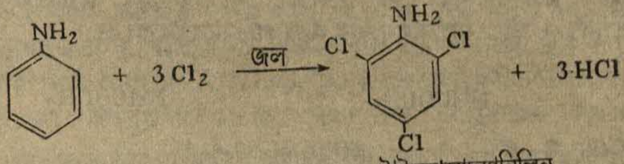
ফিনাইল হাইড্রাজিন

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়ার চার্ট



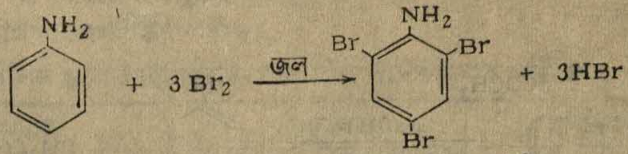
(B) **বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়া :** প্রতিস্থাপক অর্থো ও প্যারা স্থানে প্রবেশ করে।

(1) **হ্যালোজেনেসন : (i) ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যানিলিনের সঙ্গে ক্লোরিন-জলের বিক্রিয়ায় 2, 4, 6-ট্রাইক্লোরোঅ্যানিলিন উৎপন্ন হয় :



অ্যানিলিন 2,4,6-ট্রাইক্লোরোঅ্যানিলিন

(ii) **ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়া :** সাধারণ তাপমাত্রায় অ্যানিলিনের সঙ্গে ব্রোমিন-জলের বিক্রিয়ায় 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিনের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় :



অ্যানিলিন 2,4,6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিন

পরীক্ষা : এক ফোঁটা অ্যানিলিন একটি পরীক্ষানলে নিয়ে পরীক্ষানলটি জল দিয়ে প্রায় পূর্ণ করে ভালভাবে ঝাঁকিয়ে নেওয়া হল। তারপর ব্রোমিন-জল যোগ করা হল এবং পরীক্ষানলটি ঝাঁকানো হল। সঙ্গে সঙ্গে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিনের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ল। অ্যানিলিনের লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে ব্রোমেট-ব্রোমাইড মিশ্রণ যোগ করলেও পরিমাণগত 2, 4, 6-ট্রাই-ব্রোমোঅ্যানিলিনের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। উপযুক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম ব্রোমেট ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড জলে দ্রবীভূত করে ব্রোমেট-ব্রোমাইড মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয়। (সঠিকভাবে ওজন করে এবং নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ প্রস্তুত করে ব্রোমেট-ব্রোমাইডের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়)। অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ব্রোমেট-ব্রোমাইড থেকে ব্রোমিন নির্গত হয় এবং এই ব্রোমিন অ্যানিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় পরিমাণগত ভাবে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিনের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$KBrO_3 + 5KBr + 6HCl \longrightarrow 3Br_2 + 6KCl + 3H_2O$$

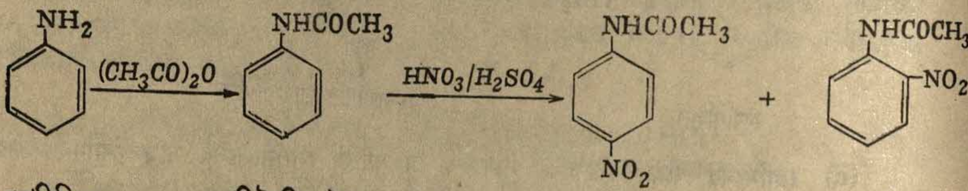
ব্রোমিনের সঙ্গে অ্যানিলিনের বিক্রিয়ার জন্য উপরের সমীকরণ দেখ। এই বিক্রিয়া পরিমাণগত ভাবে ঘটে। সুতরাং এই বিক্রিয়া অ্যানিলিনের মাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।

(iii) জলীয় সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেটের উপস্থিতিতে অ্যানিলিনের সঙ্গে আয়োডিনের ক্রিয়ায় p-আয়োডোঅ্যানিলিন উৎপন্ন হয়।

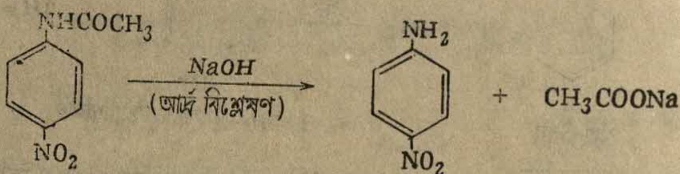
(2) **নাইট্রেশন :** গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যানিলিনের প্রত্যক্ষ নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় মনো-, ডাই-, এবং ট্রাই-নাইট্রো যৌগের একটি জটিল মিশ্রণ পাওয়া যায়। এ ছাড়া শক্তিশালী জারক দ্রব্য HNO_3 দ্বারা অ্যানিলিন সহজেই জারিত হয়ে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে। অর্থাৎ গাঢ় HNO_3 অ্যানিলিনের যুগপৎ নাইট্রেশন ও জারণ ঘটায়। তাই অ্যানিলিনের প্রত্যক্ষ নাইট্রেশন করা হয় না।

o ও p-নাইট্রোঅ্যানিলিন নিম্নবর্ণিত ভাবে প্রস্তুত করা যায়। প্রথমে অ্যানিলিনকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড দ্বারা অ্যাসিট্যানিলাইডে পরিণত করা হয়। মিশ্র অ্যাসিড (গাঢ় HNO_3 + গাঢ় H_2SO_4) দ্বারা অ্যাসিট্যানিলাইডের নাইট্রেশনের ফলে o-নাইট্রোঅ্যাসিট্যানিলাইড

ও প্যারা-নাইট্রোঅ্যাসিট্যানিলাইডে মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াতে প্যারা নাইট্রো-অ্যাসিট্যানিলাইডই মুখ্য বিক্রিয়াজাত। এদের পৃথক করে পৃথক পৃথক ভাবে ক্ষারীয় (NaOH) আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা o-নাইট্রোঅ্যানিলিন ও p-নাইট্রোঅ্যানিলিন পাওয়া যায় (70% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারাও আর্দ্র-বিশ্লেষণ করা যায়)। এই বিক্রিয়ায় p-নাইট্রোঅ্যানিলিনই মুখ্য বিক্রিয়াজাত পদার্থ, o-নাইট্রোঅ্যানিলিন খুব অল্প পরিমাণে উৎপন্ন হয়।



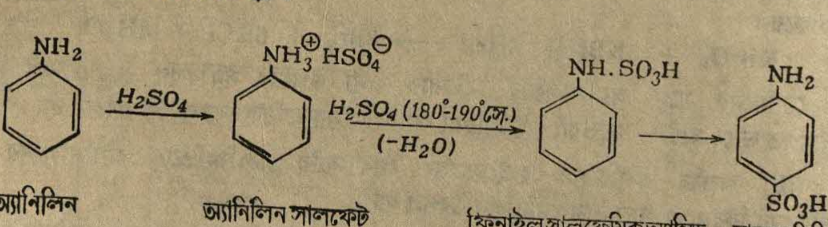
অ্যানিলিন অ্যাসিট্যানিলাইড প্যারা-নাইট্রোঅ্যাসিট্যানিলাইড (মুখ্য) অর্থো-নাইট্রোঅ্যাসিট্যানিলাইড (অতিগৌণ)



প্যারা-নাইট্রোঅ্যাসিট্যানিলাইড প্যারা-নাইট্রোঅ্যানিলিন

অর্থাৎ অ্যানিলিনের অ্যাসিটাইলেসন বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন করার মাধ্যমে অ্যামিনো গ্রুপ 'সংরক্ষণ' (**protect**) করে নাইট্রেশন বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

(3) সালফোনেশন : অ্যানিলিন ওলিয়াম (10% SO_3 যুক্ত H_2SO_4) সহযোগে 180°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে সালফেনিলিক অ্যাসিড বা p-অ্যামিনোবেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড মুখ্য বিক্রিয়াজাত পদার্থ হিসাবে উৎপন্ন হয়। প্রথমে, ফিনাইল অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ উৎপন্ন হয় এবং উত্তাপে এই লবণ এক অণু জল মোচন করে এবং পরে আণবিক পুনর্বিন্যাসের ফলে সালফেনিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



অ্যানিলিন অ্যানিলিন সালফেট ফিনাইলসালফেমিক অ্যাসিড সালফেনিলিক অ্যাসিড

জারণ : জারক দ্রব্যের প্রকৃতি অনুসারে অ্যানিলিন নানাভাবে জারিত হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, ব্লিচিং পাউডার ক্ষণস্থায়ী লালাভ বেগুনী (**purple**) রং, ফেরিক ক্লোরাইড সবুজ রং এবং ক্রোমিক অ্যাসিড কালো রঞ্জক পদার্থ উৎপন্ন করে।

ব্যবহার : জারণ নিবারক তৈরিতে এবং ভালকানাইজেসন (**vulcanization**) ত্বরান্বিত করতে রাবার শিল্পে অ্যানিলিনের ব্যবহার সর্বাধিক। নানাবিধ অ্যাজোরঞ্জক তৈরি করতে এবং ঔষধ শিল্পেও অ্যানিলিন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

পরিচায়ক পরীক্ষা : (1) অ্যানিলিন লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে যায়।

(2) **অ্যাজোরঞ্জক পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষানলে কয়েক ফোঁটা অ্যানিলিন নিয়ে প্রায় 3 মি.লি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয় এবং বরফে শীতল করা হয় (ডায়াজোটাইজেসন)। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। ইতিমধ্যে আর একটি পরীক্ষানলে বিটা-ন্যাপথল সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রবীভূত করে বরফে শীতল করা হয় (সোডিয়াম β-ন্যাপথক্সাইড উৎপন্ন হয়)। তারপর শীতল সোডিয়াম β-ন্যাপথক্সাইড দ্রবণে শীতল বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করা হয়। উজ্জ্বল লাল রং-এর অধঃক্ষেপ পড়ে (অ্যাজোরঞ্জক) উৎপন্ন হয়।

(3) **কার্বিল-অ্যামিন বা আইসোসায়ানাইড বিক্রিয়া :** একটি পরীক্ষানলে কঠিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের একটি গুটি (bead) নিয়ে প্রায় 2 মি.লি. রেকটিফায়েড স্পিরিটে দ্রবীভূত করা হয় এবং কয়েক ফোঁটা অ্যানিলিন ও কয়েক ফোঁটা ক্লোরোফর্ম যোগ করে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। কার্বিল-অ্যামিন বা ফিনাইল আইসোসায়ানাইড উৎপত্তি জনিত উৎকট দুর্গন্ধ বার হয়।

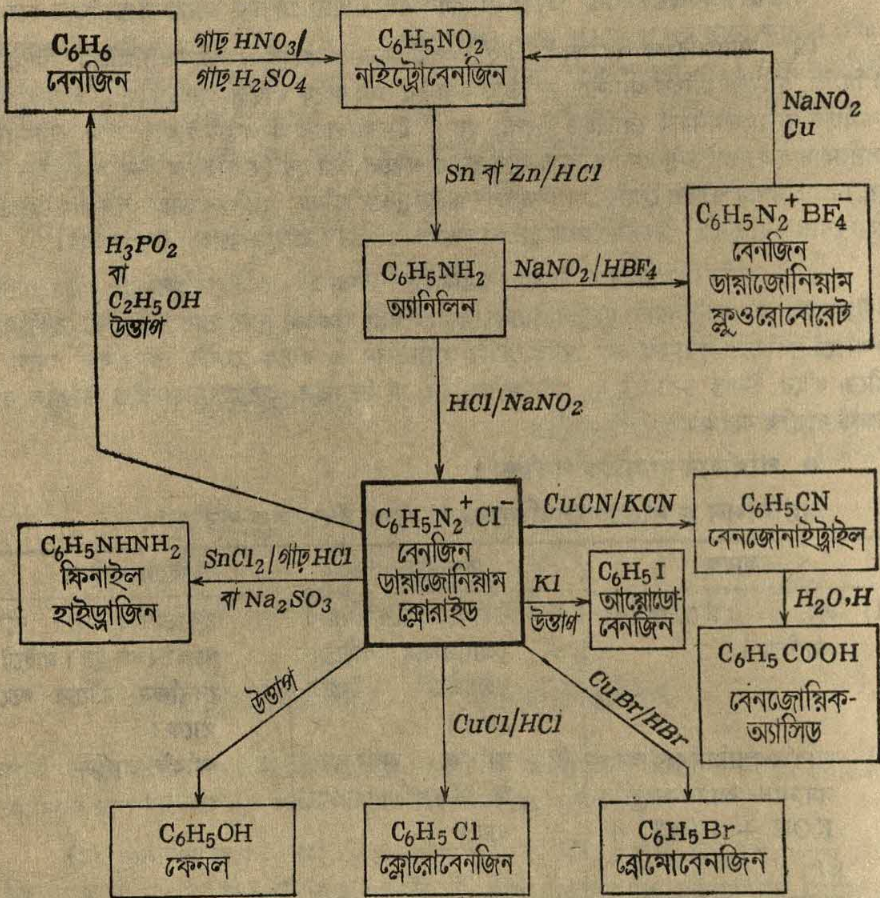
- **পার্থক্যকরণমূলক পরীক্ষা :**

অ্যানিলিন ও নাইট্রোবেনজিনের মধ্যে পার্থক্যমূলক পরীক্ষা :

বিকারক	অ্যানিলিন	নাইট্রোবেনজিন
(1) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।	(1) দ্রবীভূত হয়ে যায়। (অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড উৎপন্ন হয়)।	(1) দ্রবীভূত হয় না। দুটি স্তর উৎপন্ন হয়। নাইট্রোবেনজিন নীচের স্তরে থাকে।
(2) কার্বিল-অ্যামিন পরীক্ষা : নমুনা + অ্যালকোহলীয় KOH + $CHCl_3$ + তাপ।	(2) কার্বিল অ্যামিনের উৎকট দুর্গন্ধ পাওয়া যায়।	(2) কার্বিল-অ্যামিন উৎপন্ন হয় না।
(3) অ্যাজোরঞ্জক পরীক্ষা : নমুনা + লঘু HCl+ $NaNO_2$। দ্রবণটি β-ন্যাপথলের ক্ষারীয় শীতল দ্রবণে ঢালা হয়।	(3) উজ্জ্বল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয়।	(3) অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয় না। [কিন্তু Sn বা Zn/HCl দিয়ে বিজারণের পর অ্যাজো রঞ্জক পরীক্ষা করলে উজ্জ্বল অ্যাজো রঞ্জক উৎপন্ন হয়।]
(4) মুলিকেন-বার্কার পরীক্ষা : নমুনা + 50% অ্যালকোহল + Zn রজ + NH_4Cl। উত্তপ্ত করে টোলেন্স বিকারকে ঢালা হয়।	(4) সিলভারের কালো বা ধূসর অধঃক্ষেপ পড়ে না।	(4) বিজারণের ফলে সিলভারের কালো বা ধূসর অধঃক্ষেপ পড়ে।

রূপান্তরিতকরণ :

বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠনের মাধ্যমে বিভিন্ন অ্যারোমেটিক যৌগ প্রস্তুতি সম্ভব। সুতরাং বিভিন্ন অ্যারোমেটিক যৌগের পারস্পরিক পরিবর্তন বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠনের মাধ্যমে করা যায়। পর পৃষ্ঠার ছকে বেনজিন থেকে আরম্ভ করে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড গঠনের মাধ্যমে বিভিন্ন যৌগে রূপান্তর দেখানো হল :



উপরের ছক ব্যবহার করে বিভিন্ন অ্যারোমেটিক যৌগে পারস্পরিক রূপান্তর :

(1) **বেনজিন থেকে নাইট্রোবেনজিন**

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4 \ \sim 60^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } HNO_3/} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2}$$

(2) **নাইট্রোবেনজিন থেকে বেনজিন**

$$\underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{Sn/HCl} \underset{\substack{\text{অ্যানিলিন} \\ \text{(লবণ হিসাবে থাকে)}}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\substack{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম} \\ \text{ক্লোরাইড}}}{C_6H_5N_2^+Cl^-}$$

$$\downarrow H_3PO_2$$

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6}$$

(3) **বেনজিন থেকে অ্যানিলিন**

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4 \ \sim 60^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } HNO_3/} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow[(2)\ NaOH]{(1)\ Sn/HCl} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2}$$

(4) অ্যানিলিন থেকে বেনজিন

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5N_2^+Cl^-} \xrightarrow{H_3PO_2} \underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6}$$

(5) বেনজিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3/\text{গাঢ়}} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{Sn/HCl} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} C_6H_5N_2^+Cl^-$$

$$C_6H_5N_2^+Cl^- \xrightarrow{CuCN/KCN} \underset{\text{বেনজোনাইট্রাইল}}{C_6H_5CN} \xrightarrow{H_2O,\ H^+} \underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH}$$

অন্যভাবে,

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3I} \underset{\text{টলুইন}}{C_6H_5CH_3} \xrightarrow[\text{জারণ}]{KMnO_4} \underset{\text{পটাসিয়াম বেনজোয়েট}}{C_6H_5COOK} \xrightarrow{HCl} \underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH}$$

(6) বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে বেনজিন

$$\underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH} \xrightarrow{Na_2CO_3} \underset{\text{সোডিয়াম বেনজোয়েট}}{C_6H_5COONa} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{NaOH,\ CaO} \underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6}$$

(7) বেনজিন থেকে ফেনল

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3/} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{Sn/HCl} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2}$$

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/H_2SO_4} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট}}{C_6H_5N_2^+\ HSO_4^-} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{ফেনল}}{C_6H_5OH}$$

(8) ফেনল থেকে বেনজিন (উপরের চার্টে নাই)

$$\underset{\text{ফেনল}}{C_6H_5OH} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Zn\text{-রজ}} \underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6}$$

(9) অ্যানিলিন থেকে নাইট্রোবেনজিন

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HBF_4} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ফ্লুওরোবোরেট}}{C_6H_5N_2^+BF_4^-} \xrightarrow[Cu]{NaNO_2} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2}$$

(10) নাইট্রোবেনজিন থেকে অ্যানিলিন

$$\underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow[(2)\ NaOH]{(1)\ Sn/HCl} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2}$$

(11) অ্যানিলিন থেকে ক্লোরোবেনজিন

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_2H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5N_2^+Cl^-} \xrightarrow[\text{স্যান্ডমেয়ার বিক্রিয়া}]{CuCl/HCl} \underset{\text{ক্লোরোবেনজিন}}{C_6H_5Cl}$$

(12) নাইট্রোবেনজিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড

$$\underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{Sn/HCl} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5N_2^+Cl^-}$$

$$\underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5N_2^+Cl^-} \xrightarrow{CuCN/KCN} \underset{\text{বেনজোনাইট্রাইল}}{C_6H_5CN} \xrightarrow[\text{আর্দ্র-বিশ্লেষণ}]{H_2O,\ H^+} \underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH}$$

(13) বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে অ্যানিলিন

$$\underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{NaOH,\ CaO} \underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4,\ \sim 60^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } HNO_3/} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{(1)\ Sn/HCl\ \ (2)\ NaOH} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2}$$

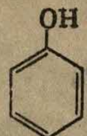
(14) বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে ক্লোরোবেনজিন

$$\underset{\text{বেনজোয়িক অ্যাসিড}}{C_6H_5COOH} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{NaOH,\ CaO} \underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3/} \underset{\text{নাইট্রোবেনজিন}}{C_6H_5NO_2} \xrightarrow{Sn/HCl} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5N_2^+Cl^-} \xrightarrow{CuCl/HCl} \underset{\text{ক্লোরোবেনজিন}}{C_6H_5Cl}$$

$$\underset{\text{বেনজিন}}{C_6H_6} \xrightarrow{Fe/Cl_2\ (1 \text{ মোল})} \underset{\text{ক্লোরোবেনজিন}}{C_6H_5Cl}$$

প্রশ্ন ঃ 378 পৃষ্ঠার ছক এবং উপরের রূপান্তরগুলির সাহায্য নিয়ে নীচের রূপান্তরগুলি কর ঃ

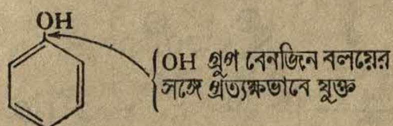
1. অ্যানিলিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড
2. বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে ব্রোমোবেনজিন
3. অ্যানিলিন থেকে ব্রোমোবেনজিন
4. বেনজিন থেকে ফিনাইল হাইড্রাজিন
5. বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে ফিনাইল হাইড্রাজিন
6. নাইট্রোবেনজিন থেকে ফেনল
7. বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে আয়োডোবেনজিন
8. অ্যানিলিন থেকে বেনজোনাইট্রাইল
9. বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে ফেনল
10. অ্যানিলিন থেকে ফেনল
11. নাইট্রোবেনজিন থেকে ক্লোরোবেনজিন
12. অ্যানিলিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড
13. সায়ানোবেনজিন থেকে ক্লোরোবেনজিন
14. অ্যানিলিন থেকে ব্রোমোবেনজিন
15. অ্যানিলিন থেকে ফিনাইল হাইড্রাজিন
16. নাইট্রোবেনজিন থেকে ব্রোমোবেনজিন
17. বেনজিন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড
18. বেনজিন থেকে আয়োডোবেনজিন



ফেনল, হাইড্রক্সি বেনজিন, C_6H_5OH

হাইড্রক্সি (OH) গ্রুপ বেনজিন বলয়ে প্রত্যক্ষ ভাবে যুক্ত হয়ে যে যৌগগুলি উৎপন্ন করে তাদের ফেনল বলা হয়। ফেনলসমূহকে ArOH এই সাধারণ সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়, যেখানে Ar হল ফিনাইল গ্রুপ, প্রতিস্থাপকযুক্ত ফিনাইল গ্রুপ বা অন্য কোন অ্যারিল গ্রুপ। ফেনল ও অ্যালকোহল উভয় প্রকার যৌগেই OH গ্রুপ বর্তমান, কিন্তু এই দুই প্রকারের যৌগের মধ্যে মূলগত পার্থক্য হল ফেনলে OH গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে প্রত্যক্ষ রূপে যুক্ত থাকে, কিন্তু অ্যালকোহলে OH গ্রুপ কোন অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত থাকে (অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল) বা কোন বেনজিন বলয়ের পার্শ্বশাখার সঙ্গে যুক্ত থাকে (অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল)। এর ফলে ফেনল ও অ্যালকোহলের ধর্ম ও বিক্রিয়ার মধ্যে অনেক পার্থক্য দেখা যায় (পরে দেখ)।

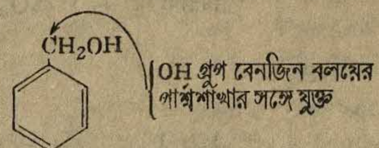
● **ফেনল ঃ**



ফেনল ও অ্যালকোহলে কার্যকারী গ্রুপ হল OH। তাই এদের ধর্ম ও বিক্রিয়াতে কিছু স্বাভাবিক মিল আছে। আবার OH গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত গ্রুপটির পার্থক্যের জন্য এদের ধর্ম ও বিক্রিয়ার অমিলও যথেষ্ট। তাই এরা আলাদা পরিবারভুক্ত।

● **অ্যালকোহল ঃ**

(1) অ্যারোমেটিক অ্যালকোহল ঃ



(2) অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল ঃ

OH গ্রুপ অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত।

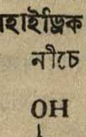
CH_3CH_2OH

ইথাইল অ্যালকোহল

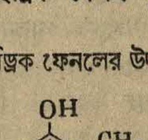
প্রশ্ন ঃ 4.67 অ্যালকোহল ও ফেনল উভয় প্রকার যৌগেই OH গ্রুপ বর্তমান থাকা সত্ত্বেও এদের আলাদা পরিবারভুক্ত করা হয়েছে কেন ?

যে সমস্ত ফেনলে একটি মাত্র OH গ্রুপ আছে তাদের **মনোহাইড্রিক ফেনল,** দুটি OH গ্রুপ যুক্ত ফেনল সমূহকে **ডাই-হাইড্রিক ফেনল** এবং দুই-এর অধিক OH যুক্ত ফেনলসমূহকে **পলিহাইড্রিক ফেনল** বলা হয়।

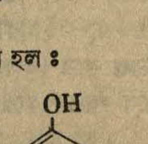
নীচে কয়েকটি মনোহাইড্রিক ফেনলের উদাহরণ দেওয়া হল ঃ



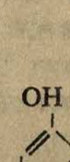
ফেনল
(হাইড্রক্সিবেনজিন)



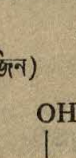
2-মিথাইল ফেনল
(অর্থো-ক্রেসল)



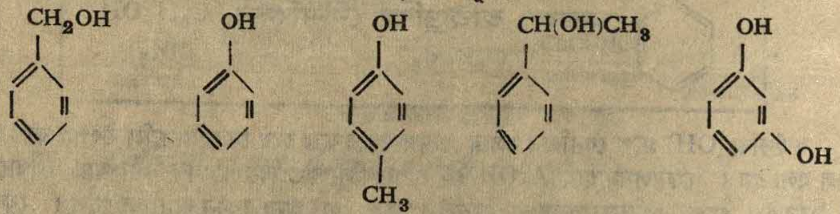
3-মিথাইল ফেনল
(মেটা-ক্রেসল)



4-মিথাইলফেনল
(প্যারা-ক্রেসল)

ফেনল, , হল এই শ্রেণীর সরলতম এবং প্রতিনিধি স্থানীয় যৌগ এবং এই যৌগটিই পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত।

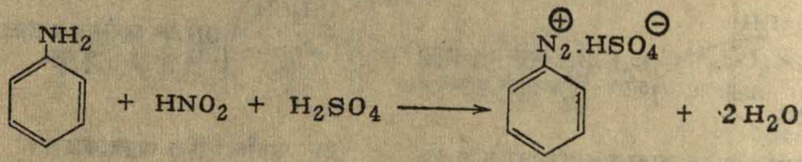
প্রশ্ন : 4.68 নিম্নের যৌগগুলি ফেনল না অ্যালকোহল শ্রেণীভুক্ত ?



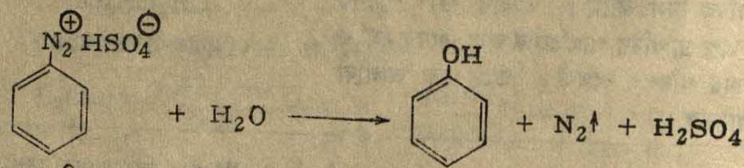
প্রশ্ন : 4.69 C_6H_8O এই সংকেতসম্পন্ন দুটি সমাবয়বী যৌগের গঠন ও নাম লেখ যাদের মধ্যে একটি ফেনল ও অপরটি অ্যালকোহল।

● **পরীক্ষাগার প্রস্তুতি : (1)** অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে অ্যানিলিন দ্রবীভূত করে 5°—10°সে. উষ্ণতায় এই দ্রবণের মধ্যে সামান্য অতিরিক্ত পরিমাণ সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণ যোগ করা হয়। অ্যানিলিনের ডায়াজোটাইজেসন বিক্রিয়ায় বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট দ্রবণকে 50°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে ফেনল উৎপন্ন হয় :

$$2NaNO_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HNO_2$$



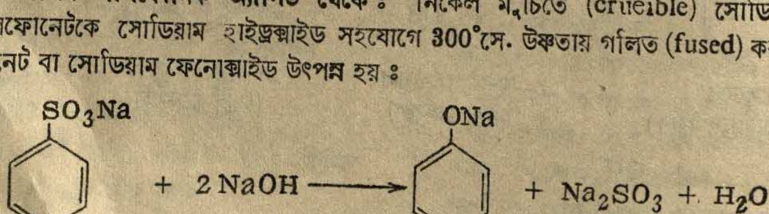
অ্যানিলিন বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট



বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট ফেনল

উৎপন্ন মিশ্রণের স্টীম পাতন করলে ফেনল পাতিতাংশে চলে আসে। পাতিতাংশ ইথার দিয়ে নিষ্কাশন করলে ইথারে ফেনল নিষ্কাশিত হয়। ফেনলের ইথারীয় দ্রবণে অনার্দ্র পটাসিয়াম কার্বনেট যোগ করে শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক ইথারীয় দ্রবণ একটি শুষ্ক পাতন পাত্রে ছেঁকে নেওয়া হয়। প্রথমে অল্প উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে (জলগাহ ব্যবহার করে) ইথার পৃথক করা হয়, পরে বায়ু শীতক ব্যবহার করে প্রত্যক্ষ উত্তাপে পাতন করে ফেনল সংগ্রহ করা হয় (180°—182°সে. তাপমাত্রার পাতিতাংশ)।

(2) **বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড থেকে :** নিকেল মুচিতে (crucible) সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেটকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে 300°সে. উষ্ণতায় গলিত (fused) করলে সোডিয়াম ফেনেট বা সোডিয়াম ফেনোক্সাইড উৎপন্ন হয় :



সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেট সোডিয়াম ফেনেট বা সোডিয়াম ফেনোক্সাইড

অবশেষকে জলে দ্রবীভূত করে জলীয় দ্রবণ লঘু HCl বা H_2SO_4 দিয়ে অম্লায়িত করলে ফেনল পৃথক হয়ে তৈলাক্ত স্তর উৎপন্ন করে।



সোডিয়াম ফেনেট ফেনল

(1) নং পদ্ধতির অনুরূপ পন্থায় এই ফেনলকে বিশুদ্ধীকরণ করা হয়।

[বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড বেনজিন থেকে প্রস্তুত করে নেওয়া হয়। সোডিয়াম ফেনেটের জলীয় দ্রবণে CO_2 বা SO_2 প্রবাহিত করেও ফেনল নির্গত করা যায়]।

● **শিল্পোৎপাদন :** পূর্বে ফেনলের সবটাই আলকাতরা থেকে উৎপাদন করা হত। বর্তমানে ফেনলের চাহিদা প্রচুর বৃদ্ধি পাওয়ায় অন্যান্য পদ্ধতিতে ফেনলের শিল্পোৎপাদন করা হয়। যে সকল অ্যারোমেটিক যৌগকে সংশ্লেষণের সাহায্যে প্রস্তুত করা হয় ফেনল এই যৌগগুলির প্রায় শীর্ষে আছে। প্রায় 90% ফেনলের শিল্পোৎপাদনই সংশ্লেষণের সাহায্যে করা হয়। **আলকাতরা থেকে ফেনলের প্রস্তুতি পূর্বেই আলোচিত হয়েছে** (পৃঃ 337)। নীচে অন্য কয়েকটি পদ্ধতি দেওয়া হল :

(1) **ক্লোরোবেনজিন থেকে :** ক্লোরোবেনজিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে 150 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 300°—350°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে ক্লোরোবেনজিন আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং সোডিয়াম ফেনেট উৎপন্ন হয় :

$$C_6H_5Cl + 2NaOH = C_6H_5ONa + NaCl + H_2O$$

উৎপন্ন পদার্থকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে অম্লীকৃত করে পাতন করলে ফেনল পাওয়া যায়। পুনঃ পাতন করে ফেনলকে বিশুদ্ধ করা হয়।

$$C_6H_5Cl \xrightarrow[\text{150 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ}]{NaOH,\ 300°—350°} C_6H_5ONa \xrightarrow{HCl,\ H_2O} C_6H_5OH$$

(2) **বেনজিন থেকে :** বেনজিন বাষ্প, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং বায়ুর মিশ্রণ 230°সে. উষ্ণতায় কপার ক্লোরাইড অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করে ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন করা হয় :

$$2C_6H_6 + 2HCl + O_2 \longrightarrow 2C_6H_5Cl + 2H_2O$$

উৎপন্ন ক্লোরোবেনজিন স্টীমের সঙ্গে মিশ্রিত করে 425°সে. উষ্ণতায় সিলিকন অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে ক্লোরোবেনজিন আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে ফেনল উৎপন্ন করে [রাশিগ পদ্ধতি (Raschig process)]।

$$C_6H_5Cl + H_2O \longrightarrow C_6H_5OH + HCl$$

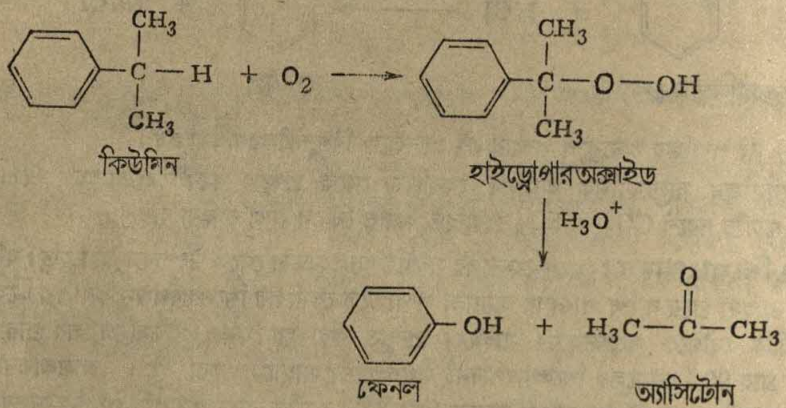
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পুনরুদ্ধার করে আবার ব্যবহার করা হয়।

(3) **সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেট থেকে :** 300°সে. উষ্ণতায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে সোডিয়াম বেনজিন সালফোনেট গলিত করে ফেনল উৎপাদন করা হয়। নিম্নের বিক্রিয়াগুলি ঘটে :

$$C_6H_5SO_3Na + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_3 + C_6H_5ONa + H_2O$$
$$2C_6H_5SO_3H + Na_2SO_3 \longrightarrow 2C_6H_5SO_3Na + H_2SO_3(H_2O + SO_2)$$
$$2C_6H_5ONa + H_2SO_3(H_2O + SO_2) \longrightarrow 2C_6H_5OH + Na_2SO_3$$

সোডিয়াম সালফাইট পুনরুদ্ধার করে পরবর্তী ব্যাচ বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম লবণে পরিণত করার জন্য ব্যবহার করা হয়। উদ্ভূত SO_2 সোডিয়াম ফেনেট দ্রবণে চালনা করে ফেনল মুক্ত করা হয়।

(4) **কিউমিন (Cumene) পদ্ধতি ঃ** কিউমিনের [(1-মিথাইলইথাইল) বেঞ্জিন] ভিতর বায়ু চালনা করে কিউমিনকে জারিত করে এর হাইড্রোপারঅক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং একে উষ্ণ লঘু. H_2SO_4 অ্যাসিড (অ্যাসিড অনুঘটক) সহযোগে বিযোজিত করে ফেনল উৎপন্ন করা হয় ঃ



1954 সাল থেকে এই পদ্ধতির প্রয়োগ শুরু হলেও এই পদ্ধতিটি ফেনল উৎপাদনের একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস। পদ্ধতিটির অতিরিক্ত মূল্য হল এই যে এই পদ্ধতিতে **উপজাত হিসাবে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।**

[বেঞ্জিন বাষ্প ও প্রপিলিনের মিশ্রণ 30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 250°সে. উষ্ণতায় ফসফরিক অ্যাসিড অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে কিউমিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_6 + CH_3CH = CH_2 \rightarrow C_6H_5CH(CH_3)_2$$]

ভৌত ধর্ম ঃ (1) বিশুদ্ধ ফেনল একটি বর্ণহীন, জলাকর্ষী (hygroscopic) কেলাসীয় কঠিন পদার্থ, গলনাঙ্ক 41°সে., স্ফুটনাঙ্ক 182°সে.। আন্তর আণবিক H-বন্ধনীর জন্য ফেনল উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট। ফেনলের গলনাঙ্ক কম হওয়ায় অনেক গরম দেশে যেখানে তাপমাত্রা 41°সে. বা তার উর্ধ্বে থাকে, ফেনল সাধারণ অবস্থায় তরল হিসাবে থাকে। ফেনল আলোক ও বায়ুর উপস্থিতিতে সহজেই জারিত হয়ে বিভিন্ন রঙ্গীন পদার্থ উৎপন্ন করে, তাই আলোক ও বায়ুর সংস্পর্শে এই সব রঙ্গীন জারিত পদার্থের উপস্থিতিতে ফেনল রঙ্গীন হয়ে যায় এবং সাবধানে বিশুদ্ধীকরণ না করলে ফেনল রঙ্গীন দেখায়।

(2) ফেনলের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধ আছে যা 'কার্বলিক' গন্ধ বলে পরিচিতি। ফেনল সাধারণ নাম কার্বলিক অ্যাসিড হিসাবেও পরিচিত।

(3) ফেনল খুবই বিষাক্ত এবং চামড়ায় পড়লে ফোস্কা উৎপন্ন করে।

(4) সাধারণ তাপমাত্রায় ফেনল জলে সামান্য (25°সে-এ 9 গ্রাম 100 গ্রাম জলে) দ্রবীভূত হয়। জলের সঙ্গে H-বন্ধনী উৎপন্নের ফলে ফেনল জলে দ্রবীভূত হয়। জলীয় দ্রবণ মৃদু অম্লধর্মী, নীল লিটমাস সিক্ত কাগজকে মৃদু লাল করে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায় এবং 65.8°সে. বা তার উর্ধ্বে উষ্ণতায় ফেনল জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।

(5) ফেনল জৈব তরল যেমন, অ্যালকোহল, ইথার, বেনজিনে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে যায়।

প্রশ্ন ঃ 4.79 (i) ফেনলের উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ?

(ii) উন্মুক্ত বায়ুতে ফেনল রঙ্গীন হয়ে যায় কেন ? কিভাবে এই রঙ্গীন ফেনল থেকে বর্ণহীন ফেনল পাওয়া যায় ?

● **রাসায়নিক ধর্ম ও বিক্রিয়া :** ফেনলের রাসায়নিক বিক্রিয়া দুটি সাধারণ শ্রেণীতে ভাগ করা যায় : (1) হাইড্রক্সিল গ্রুপের বিক্রিয়া, (2) বেনজিন বলয়ের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া।

হাইড্রক্সিল গ্রুপের বিক্রিয়া :

(1) **আম্লিক ধর্ম :** ফেনল মৃদু অ্যাসিডধর্মী। জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয় :

$$C_6H_5OH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5O^{\ominus} + H_3O^{\oplus}$$

ফেনলের আম্লিকতা কার্বনিক অ্যাসিডের থেকেও কম। তাই সোডিয়াম ফেনেটের জলীয় দ্রবণে CO_2 চালনা করলে ফেনল মুক্ত হয় :

$$2C_6H_5ONa + CO_2 + H_2O \longrightarrow 2C_6H_5OH + Na_2CO_3$$

সালফার ডাই-অক্সাইডও সোডিয়াম ফেনেটের দ্রবণ থেকে ফেনল মুক্ত করে :

$$2C_6H_5ONa + SO_2 + H_2O \longrightarrow 2C_6H_5OH + Na_2SO_3$$

ফেনল নীল লিটমাসকে সামান্য লাল করে, কিন্তু সোডিয়াম বাইকার্বনেট থেকে CO_2 নির্গত করে না। ফেনল ক্ষার দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে ফেনেট উৎপন্ন করে। যেমন লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে ফেনল দ্রবীভূত হয়ে সোডিয়াম ফেনেট উৎপন্ন করে :

$$C_6H_5OH + NaOH \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম ফেনেট (সোডিয়াম ফেনোক্সাইড)}}{C_6H_5ONa} + H_2O$$

অনার্দ্র ইথারীয় দ্রবণে ফেনল সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম ফেনেট উৎপন্ন করে :

$$2C_6H_5OH + 2Na \longrightarrow 2C_6H_5ONa + H_2$$

(2) **ইথার গঠন :** অ্যালকিল হ্যালাইড বা অ্যালকিল সালফেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফেনেট সহজেই ইথার উৎপন্ন করে (উইলিয়ামসন পদ্ধতি—Williamson method)।

সোডিয়াম ফেনেটের সঙ্গে ইথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়ায় ফিনাইল ইথাইল ইথার (ফেনোটোল) উৎপন্ন হয় :

$$C_6H_5ONa + C_2H_5I \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইল ইথাইল ইথার (ফেনোটোল)}}{C_6H_5OC_2H_5} + NaI$$

সোডিয়াম ফেনেটের সঙ্গে মিথাইল সালফেটের বিক্রিয়ায় মিথাইল ফিনাইল ইথার উৎপন্ন হয় :

$$2C_6H_5ONa + (CH_3)_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল ফিনাইল ইথার (অ্যানিসোল)}}{2C_6H_5OCH_3} + Na_2SO_4$$

(3) **এস্টার গঠন :** (i) অ্যাসিটাইলেশন : ফেনল অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফিনাইল অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি ফেনলের অ্যাসিটাইলেশন বিক্রিয়া (H পরমাণু $COCH_3$ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়) :

$$C_6H_5OH + Cl{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}CH_3 \longrightarrow \underset{\text{ফিনাইল অ্যাসিটেট}}{C_6H_5O{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}CH_3} + HCl$$

অ্যালকোহলের থেকে কম দ্রুততার সঙ্গে বিক্রিয়াটি ঘটে।

(ii) বেনজয়িলেসন (Benjoylation) : ফেনলকে বেনজয়িল ক্লোরাইড ও অতিরিক্ত

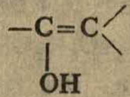
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহযোগে ঝাঁকালে ফেনল বেনজয়িলেসন বিক্রিয়ার দ্বারা ফিনাইল বেনজয়েট উৎপন্ন করে ঃ

$$C_6H_5OH + C_6H_5COCl \longrightarrow C_6H_5OCOC_6H_5 + HCl$$

[ফেনল অ্যাসিড সহযোগে ফোটালে এস্টার উৎপন্ন করে না। HCl বা CH_3COOH-এর সঙ্গে ফেনলের প্রায় কোন বিক্রিয়াই ঘটে না (অ্যালকোহলের সঙ্গে পার্থক্য)]।

(4) **বেনজিনে বিজারণ ঃ** ফেনল বাষ্পকে লোহিত তপ্ত জিঙ্কের গুঁড়ার উপর দিয়ে চালনা করলে বা ফেনলকে জিঙ্কের গুঁড়া সহ পাতন করলে ফেনল বেনজিনে বিজারিত হয়ে যায় ঃ

$$C_6H_5OH + Zn \longrightarrow C_6H_6 + ZnO$$

(5) **ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ফেনলে কয়েক ফোঁটা প্রশম ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন হয়। একটি জটিল, $Fe(OC_6H_5)_6^{3-}$ গঠনের জন্য বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন হয়। যে সকল যৌগে  উপস্থিত সাধারণত সেই যৌগগুলি প্রশম ফেরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন করে।

(6) **ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ফেনলের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় খুব কম পরিমাণে ক্লোরোবেনজিন উৎপন্ন হয়। মুখ্যত ট্রাইফিনাইল ফসফেট, $(C_6H_5)_3PO_4$, উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_5OH + PCl_5 \longrightarrow C_6H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

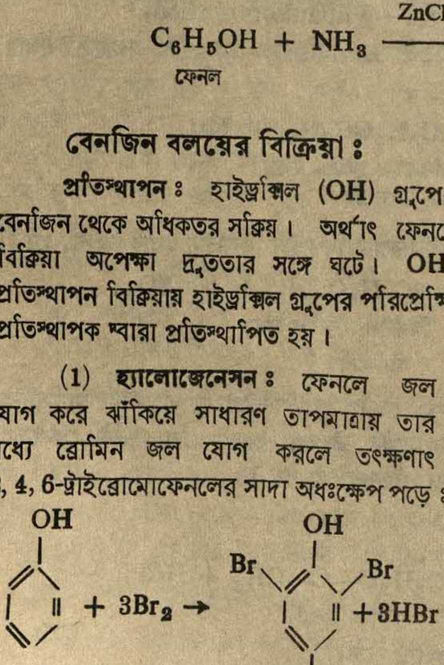
(7) **অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ফেনলকে চাপের প্রভাবে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উত্তপ্ত করলে বা অ্যামোনিয়া ও জিংক ক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করলে অ্যানিলিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$\underset{\text{ফেনল}}{C_6H_5OH} + NH_3 \xrightarrow{ZnCl_2} \underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} + H_2O$$

বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়া ঃ

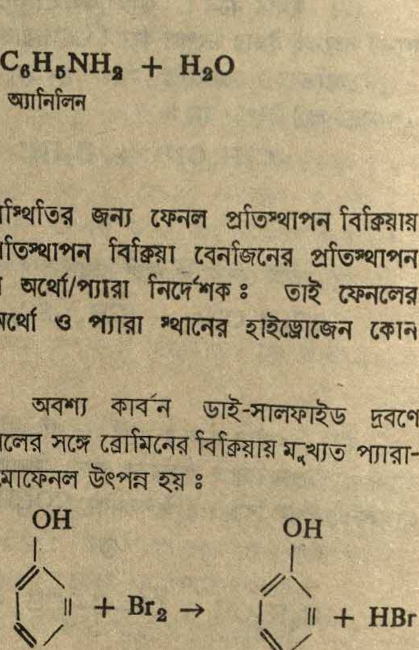
প্রতিস্থাপন ঃ হাইড্রক্সিল (OH) গ্রুপের উপস্থিতির জন্য ফেনল প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় বেনজিন থেকে অধিকতর সক্রিয়। অর্থাৎ ফেনলের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বেনজিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া অপেক্ষা দ্রুততার সঙ্গে ঘটে। OH গ্রুপ অর্থো/প্যারা নির্দেশক ঃ তাই ফেনলের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সিল গ্রুপের পরিপ্রেক্ষিতে অর্থো ও প্যারা স্থানের হাইড্রোজেন কোন প্রতিস্থাপক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

(1) **হ্যালোজেনেসন ঃ** ফেনলে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে সাধারণ তাপমাত্রায় তার মধ্যে ব্রোমিন জল যোগ করলে তৎক্ষণাৎ 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনলের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ

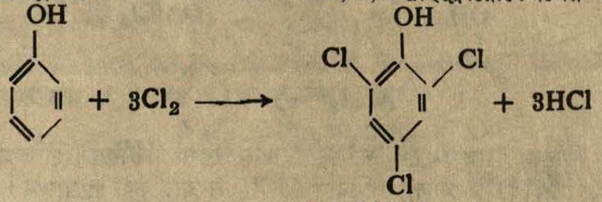


2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনল

অবশ্য কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণে ফেনলের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় মুখ্যত প্যারা-ব্রোমোফেনল উৎপন্ন হয় ঃ

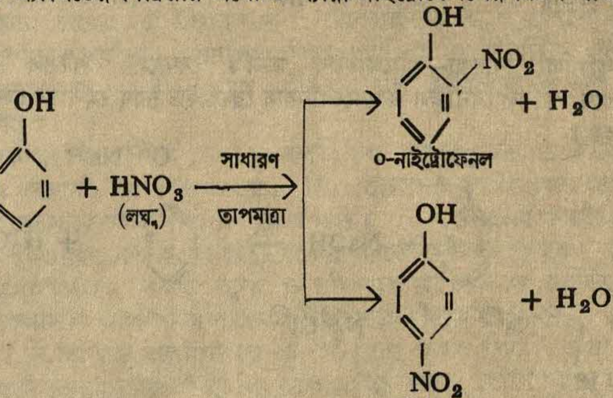


অনুরূপভাবে ক্লোরিন-জলের সঙ্গেও তৎক্ষণাৎ 2, 4, 6-ট্রাইক্লোরোফেনলের অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ



2, 4, 6-ট্রাইক্লোরোফেনল

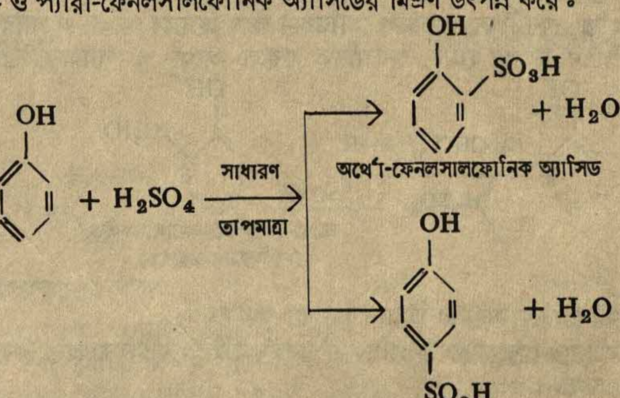
(2) **নাইট্রেসন ঃ** গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যুগপৎ নাইট্রেসন ও জারণ ঘটায়। ফেনলের সঙ্গে শীতল লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অর্থো ও প্যারা-নাইট্রোফেনলের মিশ্রণ পাওয়া যায় ঃ



p-নাইট্রোফেনল

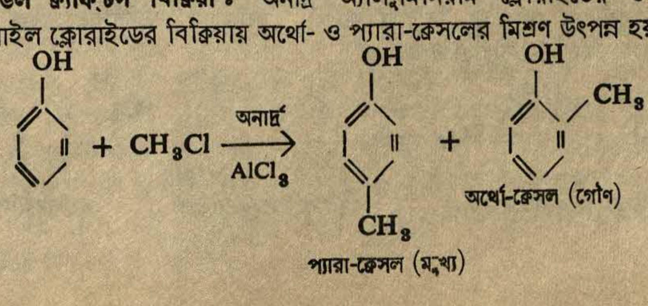
অর্থো-নাইট্রোফেনল স্টীম উদ্বায়ী হওয়ায় স্টীম পাতনের সাহায্যে উভয়কে পৃথক করা যায়।

(3) **সালফোনেসন ঃ** সাধারণ তাপমাত্রায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে ফেনল অর্থো- ও প্যারা-ফেনলসালফোনিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন করে ঃ



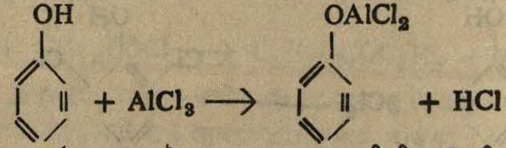
প্যারা-ফেনলসালফোনিক অ্যাসিড

(4) **ফ্রিডেল ক্র্যাফ্টস বিক্রিয়া ঃ** অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফেনলের সঙ্গে মিথাইল ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অর্থো- ও প্যারা-ক্রেসলের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় ঃ



প্যারা-ক্রেসল (মুখ্য)

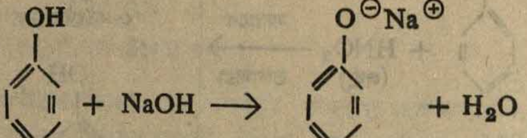
অবশ্য অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ফেনলের OH গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়া করে HCl নির্গত করে ঃ

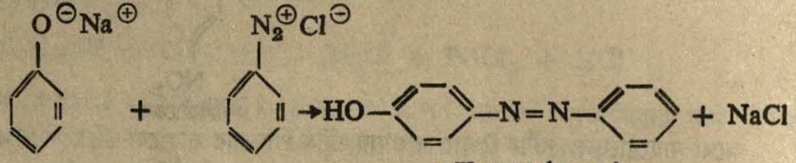


তাই এই বিক্রিয়া সার্থকরূপে ঘটানোর জন্য বেশ অতিরিক্ত [প্রতিমোল ফেনলের জন্য 1 মোলের কিছুটা বেশী (1·2 মোল)] পরিমাণ $AlCl_3$ ব্যবহার করা প্রয়োজন।

ফেনলের মিথাইল ইথার, অ্যানিসোল ($C_6H_5OCH_3$), ব্যবহার করলে এই অসুবিধা হয় না। অ্যানিসোল অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ফ্রিডেল-ক্র্যাফ্‌ট্‌স্‌ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। তবে $AlCl_3$ ব্যবহার করলে সর্বদা অ্যানিসোলের কিছুটা ডিমিথাইলেসন (demethylation) হয়।]

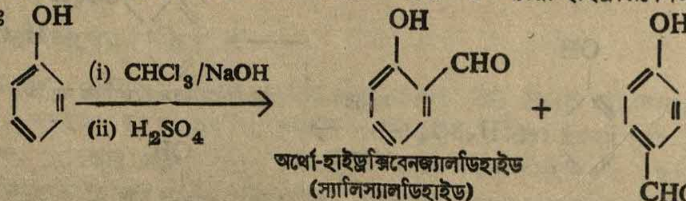
(5) **কাপলিং বিক্রিয়া—অ্যাজোরঞ্জক গঠন ঃ** ফেনলের শীতল জলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে শীতল বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মেশালে হলুদ রং-এর অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয় ঃ





অ্যাজোরঞ্জক (হলুদ)

(6) **রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া** (Reimer-Tiemann Reaction) ঃ ক্লোরোফর্মের সঙ্গে ফেনলের ক্ষারীয় দ্রবণ রিফ্লাক্স করলে সোডিয়াম লবণ হিসাবে অর্থো- ও প্যারা-হাইড্রক্সিবেনজ্যালডিহাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। অম্লায়িত করলে অর্থো- ও প্যারা-হাইড্রক্সিবেনজ্যালডিহাইড পাওয়া যায় ঃ



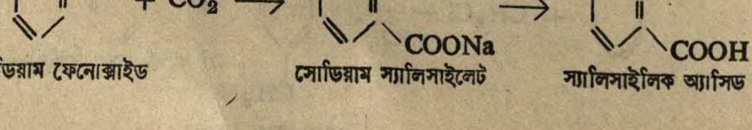
অর্থো-হাইড্রক্সিবেনজ্যালডিহাইড (স্যালিস্যালডিহাইড)

প্যারা-হাইড্রক্সিবেনজ্যালডিহাইড

এই বিক্রিয়াটিকে রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া বলা হয়।

এই বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্মের পরিবর্তে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ব্যবহার করলে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(7) **কোল্‌বে বিক্রিয়া** (Kolbe Reaction) ঃ চাপের প্রভাবে সোডিয়াম ফেনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড 120°—140° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম স্যালিসাইলেট উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটিকে কোল্‌বে বিক্রিয়া বলে। সোডিয়াম স্যালিসাইলেটকে অম্লায়িত করলে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ঃ



সোডিয়াম ফেনোক্সাইড সোডিয়াম স্যালিসাইলেট স্যালিসাইলিক অ্যাসিড

(8) **পলিমার গঠন ঃ** লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে ফেনলের সঙ্গে অতিরিক্ত ফরম্যালডিহাইডের বিক্রিয়ায় বেকেলাইট নামক পলিমার উৎপন্ন হয়।

● **যুত বিক্রিয়া ঃ** সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে গলিত ফেনলের মধ্য দিয়ে হাইড্রোজেন চালনা করলে সাইক্লোহেক্সানল উৎপন্ন হয় ঃ

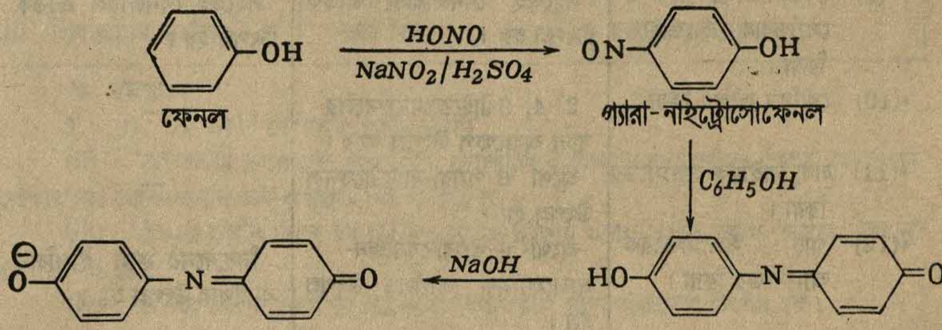
$$C_6H_5OH + 3H_2 \xrightarrow{\text{Ni (অনুঘটক)}} C_6H_{11}OH$$

সাইক্লোহেক্সানল

সাইক্লোহেক্সানল 161° সে. স্ফুটনাঙ্কযুক্ত একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ। এটি নাইলন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

● **ব্যবহার ঃ** (1) প্লাসটিক এবং রেজিন উৎপাদনে ফেনল মুখ্যত ব্যবহৃত হয়। ফরম্যাল-ডিহাইডের সঙ্গে ফেনল 'বেকেলাইট' উৎপন্ন করে। বেকেলাইটের বহু গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার আছে। (2) নাইলন, পিকরিক অ্যাসিড, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড, অ্যাসপিরিন এবং অ্যাজোরঞ্জক উৎপাদনে ফেনল ব্যবহৃত হয়। (3) ফেনল একটি শক্তিশালী জীবাণুনাশক এবং জীবাণুনাশক হিসাবে ফেনল ব্যবহৃত হয়।

● **পরিচায়ক পরীক্ষা ঃ** (1) ফেনলের জলীয় দ্রবণে কয়েক ফোঁটা প্রশম ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন হয়। (2) ফেনলের জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন জল যোগ করলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনলের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। (3) ফেনলের ক্ষারীয় দ্রবণে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে হলুদ রং-এর অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয়। (4) **লিবারম্যান পরীক্ষা** (Libermann test) ঃ একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পরীক্ষানলে সোডিয়াম নাইট্রাইটের অতি ক্ষুদ্র একটি কেলাস ও অল্প পরিমাণ ফেনল নিয়ে খুব ধীরে ধীরে 20 সেকেন্ড মত উত্তপ্ত করা হয়। শীতল করে 1 মি.লি. গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে গাঢ় সবুজ বা সবুজাভ নীল রং উৎপন্ন হয়। একে সাবধানে 30-50 মি.লি. জলে ঢাললে দ্রবণের রং ফিকে লাল হয়। এই দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের রং গাঢ় নীল বা সবুজ হয়।



(5) ফেনল ও থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইডের মিশ্রণ অল্প গাঢ় H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করার পর ঠান্ডা করে লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে ক্ষারীয় করলে লালাভ-গোলাপী (pink) রং উৎপন্ন হয় (ফিনলফ্থ্যালিন উৎপন্ন হওয়ার জন্য—ফিনলফ্থ্যালিন ক্ষারীয় দ্রবণে লালাভ-গোলাপী রং উৎপন্ন করে)।

ফেনল ও অ্যালকোহলের তুলনা ঃ ফেনল ও অ্যালকোহল উভয় প্রকার যৌগেই হাইড্রক্সিল (OH) গ্রুপ বর্তমান। তাই এদের কিছু ধর্মে ও বিক্রিয়ায় মিল দেখা যায়। কিন্তু ফেনলে OH গ্রুপ বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত, অ্যালকোহলে OH গ্রুপ অ্যালকিল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত। গঠনগত এই পার্থক্য থাকায় ফেনল ও অ্যালকোহলের অনেক ধর্ম ও বিক্রিয়ায় পার্থক্যও দেখা যায়। নীচের তালিকায় ফেনল ও ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম ও বিক্রিয়ার তুলনা করা হল। তারকা (*) চিহ্নিত ধর্ম ও বিক্রিয়ায় যৌগ দুটির মধ্যে পার্থক্য দেখা যায়। এদের মধ্যে (1), (2) ও (7), (10), (13), (14)-তে বর্ণিত ধর্ম ও বিক্রিয়াগুলিতে চাক্ষুষ পরিবর্তন ঘটে, তাই পরীক্ষাগারে সহজেই দেখানো যায়।

তালিকা : ফেনল ও ইথানলের তুলনা :

ধর্ম অথবা বিক্রিয়া	ফেনল, C_6H_5OH	ইথানল, C_2H_5OH
*(1) সাধারণ তাপমাত্রায় জলে দ্রাব্যতা।	আংশিক ভাবে দ্রবণীয়।	যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়।
*(2) আম্লিকতা।	মৃদু আম্লিক। সিক্ত নীল লিটমাস কাগজকে মৃদু লাল করে। লবণ উৎপন্ন করে।	প্রশম।
(3) সোডিয়ামের ক্রিয়া।	হাইড্রোজেন নির্গত করে।	হাইড্রোজেন নির্গত করে।
*(4) ফসফরাস পেন্টা-ক্লোরাইডের ক্রিয়া।	**খুব ধীরে** বিক্রিয়া ঘটে। খুব কম পরিমাণে C_6H_5Cl উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত হয় না।	**তীব্রভাবে** বিক্রিয়া করে C_2H_5Cl উৎপন্ন করে ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নির্গত করে।
*(5) জৈব অ্যাসিডের ক্রিয়া।	—	ইথাইল এস্টার উৎপন্ন হয়।
*(6) HCl, HBr ও HI-এর ক্রিয়া।	—	ইথাইল হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।
*(7) প্রশম ফেরিক ক্লোরাইডের ক্রিয়া।	লালাভ বেগুনী (purple) রং উৎপন্ন হয়।	লালাভ বেগুনী রং উৎপন্ন হয় না।
(8) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের ক্রিয়া।	সহজেই অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন হয়।	সহজেই অ্যাসিটাইল জাতক উৎপন্ন হয়।
(9) বেনজয়িল ক্লোরাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ক্রিয়া।	সহজেই বেনজয়িল জাতক উৎপন্ন হয়।	সহজেই বেনজয়িল জাতক উৎপন্ন হয়।
*(10) ব্রোমিন জলের ক্রিয়া।	2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনলের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।	—
*(11) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া।	অর্থো ও প্যারা-নাইট্রোফেনল উৎপন্ন হয়।	—
*(12) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়া।	অর্থো- ও প্যারা-বেনজিন-সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।	নিরুদনের ফলে ইথিলিন বা ইথার উৎপন্ন হয়।
*(13) বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে কাপলিং (coupling)।	হলুদ রঞ্জক পদার্থ উৎপন্ন করে।	কোন রঙ উৎপন্ন হয় না।
*(14) আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া।	আয়োডোফর্মের অধঃক্ষেপ পড়ে না।	আয়োডোফর্মের হলুদ অধঃক্ষেপ পড়ে।
*(15) উত্তপ্ত জিংক দ্বারা বিজারণ।	বেনজিন উৎপন্ন হয়।	বিজারণ ঘটে না।
*(16) নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের ক্রিয়া।	হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে হেক্সানল উৎপন্ন করে।	সংযুক্তি ঘটে না।

● পার্থক্য নিরূপণ মূলক পরীক্ষা :

ফেনল ও অ্যানিলিন

বিকারক	ফেনল	অ্যানিলিন
(1) জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে নীল লিটমাস কাগজ দিয়ে পরীক্ষা করা হল।	আংশিক ভাবে দ্রবীভূত হল। নীল লিটমাস মৃদু লাল হল।	মিশল না। নীল লিটমাস অপরিবর্তিত থাকল।
(2) লঘু HCl	আংশিক দ্রবীভূত হল (জলের মতই)।	দ্রবীভূত হয়ে গেল।
(3) কার্বিল অ্যামিন পরীক্ষা : নমুনা + অ্যালকোহলীয় KOH + $CHCl_3$ + তাপ।	কার্বিল-অ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল না।	কার্বিল অ্যামিনের দুর্গন্ধ পাওয়া গেল।
(4) অ্যাজো রঞ্জক পরীক্ষা : (i) নমুনা + HCl + $NaNO_2$ (ii) β-ন্যাপথল + NaOH (i)নং দ্রবণ (ii)নং দ্রবণে যোগ করা হল।	অ্যাজো রঞ্জক উৎপন্ন হয় না।	উজ্জ্বল লাল রঞ্জক (dye) উৎপন্ন হল।
(5) প্রশম $FeCl_3$ দ্রবণ	লালাভ-বেগুনী (purple) রং উৎপন্ন হল।	সবুজ রং উৎপন্ন হল।
(6) লিবারম্যান পরীক্ষা	সাড়া দিল।	সাড়া দিল না।

● সমস্যা :

1. (i) 'A' একটি কেলাসীয় কঠিন পদার্থ ;

(ii) 'A' জলীয় দ্রবণে মৃদু অম্লধর্মী, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবণীয়, কিন্তু সোডিয়াম বাইকার্বনেট থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত করে না ;

(iii) 'A'-এর জলীয় দ্রবণে Fe (III) ক্লোরাইড দ্রবণের কয়েক ফোঁটা যোগ করলে বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন হয় ;

(iv) 'A'-এর জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন-জল যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

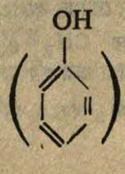
'A'-কে সনাক্ত কর।

সমাধান :

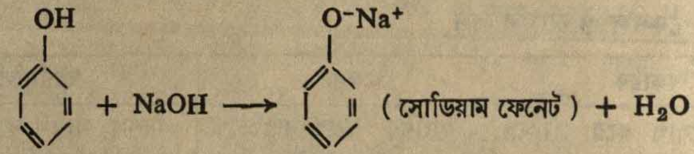
(i) 'A' সোডিয়াম বাইকার্বনেট থেকে CO_2 নির্গত করে না। সুতরাং 'A' কোন কার্বক্সিলিক বা সালফোনিক অ্যাসিড নয়। কিন্তু 'A' সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবণীয় এবং মৃদু অম্লধর্মী, সুতরাং 'A' ফেনল হতে পারে।

(ii) 'A'-তে কয়েক ফোঁটা Fe (III) ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে বেগুনী বর্ণ উৎপন্ন হয়। এটিও ফেনলের ধর্ম।

(iii) 'A'-এর জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন-জল যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ফেনলের জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন-জল যোগ করলে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনলের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

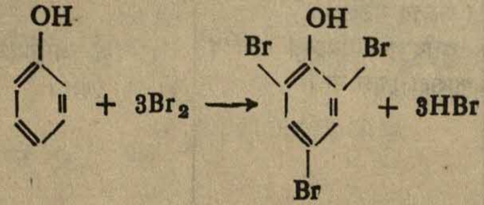
সুতরাং নিঃসন্দেহে বলা যায় যে 'A' যৌগটি ফেনল 

বিক্রিয়াগুলি হল :

(i) 

(দ্রবীভূত হয়ে যায়)

(ii) $6C_6H_5OH + FeCl_3 \longrightarrow (C_6H_5O)_6Fe^{3-} + 6H^+ + 3Cl^-$
ফেনল — বেগুনী বর্ণ

(iii) 

2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনল।

[গ্রীষ্মপ্রধান দেশে গরম কালে অনেক সময় ফেনল তরল অবস্থায় থাকে]

অনুশীলনী

1. **নীচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা ?**

(i) ইথিলিন ও বেনজিন উভয় যৌগেই অসম্পৃক্ত আছে, তাই উভয়েই একই ধরনের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(ii) প্রতিটি অ্যারোমেটিক যৌগেই সুগন্ধ আছে।

(iii) যে কোন অ্যারোমেটিক যৌগেই বেনজিন বলয়ের উপস্থিতি অত্যাবশ্যক।

(iv) NO_2 একটি মেটা নির্দেশক গ্রুপ।

(v) NH_2, CH_3, Cl ও OH অর্থো/প্যারা নির্দেশক।

(vi) বেনজিন জলে অদ্রবণীয়।

(vii) অ্যানিলিনের ক্ষারকীয় ধর্ম আছে।

(viii) নাইট্রোবেনজিন জল থেকে হাল্কা।

(ix) বিশুদ্ধ অ্যানিলিন বর্ণহীন, কিন্তু আলো ও বায়ুর উপস্থিতিতে বাদামী হয়ে যায়।

(x) ফেনলের আম্লিক ধর্ম আছে।

(xi) টলুইন জলে দ্রবণীয়।

(xii) টলুইন জল থেকে ভারী।

(xiii) বিশুদ্ধ ফেনলের রং লাল।

(xiv) অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

(xv) ফেনল সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

(xvi) ফেনল কার্বনিক অ্যাসিড থেকে তীব্রতর অ্যাসিড।

(xvii) ফেনল পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবীভূত হয়।

(xviii) সোডিয়াম ফেনেট দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলে ফেনল নির্গত হয়।

(xix) বেনজিন ব্রোমিন-জলের বর্ণ বর্ণহীন করে।

(xx) টলুইনের CH_3 গ্রুপকে পার্শ্বশাখা বলা হয় কিন্তু নাইট্রোবেনজিনের নাইট্রোগ্রুপকে পার্শ্বশাখা বলা হয় না।

(xxi) ফেনল Br_2-জলকে বর্ণহীন করে, তাই ফেনলে ইথিলিনীয় অসম্পৃক্ত আছে।

2. **বামদিকের সঙ্গে ডানদিকের সামঞ্জস্য বিধান কর :**

(i) গাঢ় H_2SO_4	(xi) ফিকে হলুদ তরল
(ii) নাইট্রোবেনজিন	(xii) কার্বিল অ্যামিন বিক্রিয়া
(iii) অ্যানিলিন	(xiii) সালফোনেসন
(iv) ফেনল	(xiv) লঘু তেল
(v) বেনজিন	(xv) লিবারম্যান বিক্রিয়া
(vi) গাঢ় HNO_3/গাঢ় H_2SO_4	(xvi) ফ্রিডেল ক্র্যাফটস বিক্রিয়ার অনুঘটক
(vii) Cl_2/Fe	(xvii) নাইট্রেসন
(viii) অনার্দ্র $AlCl_3$	(xviii) বেনজাইল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ
(ix) টলুইন	(xix) বেনজিন বলয়ে ক্লোরিনেসন
(x) বেনজাইল অ্যালকোহল	(xx) বেনজিনের সমগণ

3. **সঠিক উত্তরটিতে ✓ চিহ্ন দাও :**

(a) ফেরিক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে টলুইনের বিক্রিয়ায় মুখ্যত উৎপন্ন হয়
(i) বেনজয়িল ক্লোরাইড, (ii) m-ক্লোরোটলুইন, (iii) বেনজাইল ক্লোরাইড, (iv) o- এবং p-ক্লোরোটলুইন। (I.I.T. '86)

(b) C_6H_5Cl সর্বাধিক পরিমাণে উৎপন্নের শর্ত হল

(i) C_6H_6 (অতিরিক্ত) + Cl_2 $\xrightarrow{\text{অতিবেগুনী রশ্মি}}$

(ii) $C_6H_6 + Cl_2$ $\xrightarrow[\text{সাধারণ তাপমাত্রা}]{\text{অন্ধকার}}$

(iii) $C_6H_6 + Cl_2$ (অতিরিক্ত) $\xrightarrow[\text{রশ্মি}]{\text{অতিবেগুনী}}$

(iv) $C_6H_6 + Cl_2$ $\xrightarrow{\text{অতিবেগুনী রশ্মি}}$ (I.I.T. '86)

(c) ফেনলের আম্লিকতা বেশী
(i) অ্যাসিটিক অ্যাসিড থেকে, (ii) কার্বনিক অ্যাসিড থেকে, (iii) ইথানল থেকে, (iv) বেনজোয়িক অ্যাসিড থেকে।

(d) দ্বি-প্রতিস্থাপিত বেনজিনের আইসোমারের সংখ্যা
(i) 0, (ii) 1, (iii) 3, (iv) 5.

(e) নাইট্রোবেনজিনের নাইট্রেসনে মুখ্যত উৎপন্ন হয়
(i) o-ডাইনাইট্রোবেনজিন, (ii) m-ডাইনাইট্রোবেনজিন, (iii) p-ডাইনাইট্রোবেনজিন, (iv) 1, 2, 3-ট্রাইনাইট্রোবেনজিন।

(f) বেনজিন থেকে থায়োফিন দূর করা যায় :
(i) ক্লোরিন দ্বারা, (ii) জল দ্বারা, (iii) HNO_3 দ্বারা, (iv) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা।

(g) বেনজিন ও অ্যানিলিনের মিশ্রণ থেকে অ্যানিলিন পৃথক করা যায়
(i) NaOH-এর সাহায্যে, (ii) জলের সাহায্যে, (iii) HCl-এর সাহায্যে, (iv) CO_2-এর সাহায্যে।

(h) অ্যানিলিন প্রস্তুত করা যায় :
(i) বেনজিনের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায়
(ii) বেনজয়িল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায়
(iii) নাইট্রোবেনজিনের Zn-এর গুঁড়ো/NH_4Cl দিয়ে বিজারণ দ্বারা
(iv) নাইট্রোবেনজিনের Sn/HCl দিয়ে বিজারণ দ্বারা

(i) ফেনলের কিউমিন পদ্ধতিতে উৎপাদনে পার্শ্বজাত হিসাবে পাওয়া যায়
(i) ইথানল, (ii) টলুইন, (iii) অ্যাসিটোন, (iv) ফরমিক অ্যাসিড।

(j) অ্যানিলিন থেকে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়
(i) $NaNO_2 + NaOH$ (40°—50° সে.)
(ii) $NaNO_2 + HCl$ (100° সে.)
(iii) $NaNO_2 + HCl$ (0°—5° সে.)
(iv) $NaNO_3 + HCl$ (0°—5° সে.)

4. দুটি বিক্রিয়া আলোচনা কর যেখানে ইথিলিন ও বেনজিন ভিন্নরূপে আচরণ করে এবং অপর দুটি বিক্রিয়া আলোচনা কর যেখানে ইথিলিন ও বেনজিন একই ধরনের আচরণ করে।

5. আলকাতরা কি? আলকাতরার পাতন থেকে প্রাপ্ত বিভিন্ন অংশগুলির নাম লেখ। আলকাতরা থেকে পাওয়া যায় এমন তিনটি গুরুত্বপূর্ণ অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের গঠনসংকেত ও নাম লেখ যৌগগুলি আলকাতরার কোন্ কোন্ পাতিতাংশ থেকে পাওয়া যায়?

6. আলকাতরা থেকে কিভাবে (i) বেনজিন, (ii) টলুইন, (iii) ফেনল পৃথক করা হয়?

7. (a) একটি অ্যালিফেটিক ও একটি অ্যারোমেটিক যৌগের মধ্যে পার্থক্য কর।
(b) একটি করে বিক্রিয়া দিয়ে বেনজিনের সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত প্রকৃতি দেখাও।
(c) কিভাবে বেনজিনকে (i) বেনজোয়িক অ্যাসিড, (ii) টলুইন, (iii) ফেনলে রূপান্তরিত করা যায়? এই যৌগগুলিকে কিভাবে বেনজিনে পুনরায় রূপান্তরিত করা যায়?

8. কিরূপে এবং কি শর্তে, (i) ক্লোরিন, (ii) নাইট্রিক অ্যাসিড, (a) বেনজিন, (b) টলুইনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে?
কিভাবে বেনজিন ও টলুইন পরস্পরে পরিবর্তিত করা যায়?

9. ক্লোরিন টলুইনের সঙ্গে দুটি বিভিন্ন ধরনে বিক্রিয়া করতে পারে। এই ধরন দুটি কি কি? কি শর্তে এই দুই ধরনের বিক্রিয়া ঘটে? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।
কিভাবে টলুইন ও ক্লোরিনেটেড টলুইন বেনজ্যালডিহাইডে রূপান্তরিত করা যায়?

10. বেনজিনের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়াগুলির শর্তসহ বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। বিক্রিয়াজাতগুলির নাম লেখ:
(i) H_2, (ii) Cl_2, (iii) Br_2, (iv) HNO_3/H_2SO_4, (v) H_2SO_4, (vi) CH_3I, (vii) CH_3COCl.

11, (a) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ার সাহায্যে কিভাবে টলুইন প্রস্তুত করা যায়?
(b) একটি অ্যারাইল হ্যালাইড ও একটি অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে টলুইন প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ। বিক্রিয়াটির নাম কি?
(c) টলুইনের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়কগুলির শর্তসহ বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। বিক্রিয়াজাতগুলির নাম লেখ: (i) Cl_2, (ii) HNO_3/H_2SO_4, (iii) H_2SO_4.

12. সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ফুটন্ত টলুইনে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হতে পারে? কিভাবে পদার্থগুলিকে এই বিক্রিয়ায় মুখ্য বিক্রিয়াজাত হিসাবে প্রস্তুত করা যায়? উৎপন্ন পদার্থগুলির প্রতিটিকে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে কি হয়?

13. বেনজিন বলয়ের পরিপ্রেক্ষিতে অর্থো, মেটা ও প্যারা অবস্থান বলতে কি বোঝায়? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।

14. পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? বিভিন্ন শর্তে নাইট্রোবেনজিনের নাইট্রোগ্রুপের বিজারণ বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।

15. নাইট্রোবেনজিনের (i) নাইট্রোগ্রুপের, (ii) বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়া আলোচনা কর।
নাইট্রোবেনজিনের ব্যবহার উল্লেখ কর।

16. পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ?
অ্যানিলিনের অ্যামিনো গ্রুপের ও বেনজিন বলয়ের বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।
অ্যানিলিনের ব্যবহার উল্লেখ কর।

17. (a) ফেনলের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।
(b) ফেনলের সঙ্গে (i) লঘু HNO_3, (ii) Br_2-জল, (iii) H_2/Ni-এর বিক্রিয়া আলোচনা কর।
(c) ফেনলের ব্যবহার উল্লেখ কর।

18. (a) বেনজিন থেকে কিভাবে অ্যানিলিন প্রস্তুত করা যায় ?
(b) অ্যানিলিনের সঙ্গে নীচের বিক্রিয়কগুলির কি বিক্রিয়া ঘটে ?
(i) লঘু HCl, (ii) সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, (iii) ব্রোমিন জল, (iv) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, (v) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, (vi) $CHCl_3$/KOH (অ্যালকোহলীয়)।

19. অ্যানিলিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে তৈয়ারি করিবে ?
(i) টলুইন, (ii) নাইট্রোবেনজিন, (iii) বেনজোয়িক অ্যাসিড, (iv) ফেনল। (W.B.H.S. '86)

20. (i) বেনজিন থেকে ফেনল প্রস্তুতির দুটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।
(ii) "ফেনলে OH গ্রুপ থাকা সত্ত্বেও ফেনলের সব ধর্ম ও বিক্রিয়া অ্যালকোহলের ধর্মের মত নয়"—ফেনল ও ইথানলের ধর্ম ও বিক্রিয়ার তুলনামূলক আলোচনা করে বক্তব্যটির যথার্থতা প্রমাণ কর।

21. নিম্নলিখিত যৌগগুলি থেকে কিভাবে বেনজিন প্রস্তুত করবে ?
(i) অ্যাসিটিলিন, (ii) টলুইন, (iii) অ্যানিলিন, (iv) নাইট্রোবেনজিন, (v) ফেনল, (vi) বেনজোয়িক অ্যাসিড, (vii) বেনজ্যালডিহাইড।

22. নীচের যৌগজোড়গুলির মধ্যে কিভাবে পার্থক্য করবে ?
(i) বেনজিন ও টলুইন, (ii) নাইট্রোবেনজিন ও অ্যানিলিন, (iii) অ্যানিলিন ও ফেনল, (iv) ফেনল ও ইথানল, (v) নাইট্রোবেনজিন ও ফেনল।

23. নীচের মিশ্রণগুলির থেকে উপাদানগুলিকে কিভাবে পৃথক করবে ?
(i) টলুইন ও ফেনল, (ii) নাইট্রোবেনজিন ও অ্যানিলিন, (iii) ফেনল ও বেনজিন, (iv) ফেনল ও বেনজোয়িক অ্যাসিড, (v) অ্যানিলিন ও বেনজিন।

24. নিম্নলিখিত গ্রুপগুলিকে কিভাবে বেনজিন বলয়ে প্রবেশ করাবে ?
(i) NO_2, (ii) NH_2, (iii) COOH, (iv) CHO, (v) CH_3, (vi) $COCH_3$, (vii) Cl, (ix) Br, (x) I, (xi) C_2H_5, (xii) OH, (xiii) SO_3H.

25. নীম্নের গ্রুপগুলিকে বেনজিন বলয় থেকে কিভাবে দূর করবে ?
(i) NO_2, (ii) NH_2, (iii) COOH, (iv) OH, (v) CH_3, (vi) CHO, (vii) SO_3H.

26. জৈব রসায়নে নিম্নলিখিত বিকারকগুলির ব্যবহার উল্লেখ কর ঃ
(i) ধাতব সোডিয়াম, (ii) গাঢ় H_2SO_4, (iii) অনার্দ্র $AlCl_3$, (iv) $NaNO_2$/HCl, (v) Sn/HCl, (vi) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, (vii) KCN.

27. **সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ**
(i) অর্থো, মেটা, প্যারা-অবস্থান (ii) বেনজিন বলয় ও পার্শ্বশাখা (iii) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া (iv) উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া (v) স্যান্ডমেয়ার বিক্রিয়া (vi) টলুইনের পার্শ্বশাখায় ক্লোরিনেসন বিক্রিয়া (vii) টলুইনের বেনজিন বলয়ে ক্লোরিনেসন বিক্রিয়া (viii) ডায়াজো বিক্রিয়া (ix) স্টীম পাতন।

28. কোন অ্যারোমেটিক যৌগ উদাহরণস্বরূপ নিয়ে নীচের বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও ঃ
(i) ক্লোরিনেসন, (ii) নাইট্রেসন, (iii) সালফোনেসন, (iv) হ্যালোজেনেসন, (iv) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়া।

29. নীচের যৌগগুলির বিশুদ্ধ ও সাধারণ অবস্থায় ভৌতাবস্থা, রং, জলে দ্রবণীয়তা/অদ্রবণীয়তা, জল থেকে ভারী না হাল্কা উল্লেখ কর :

(i) বেনজিন, (ii) টলুইন, (iii) অ্যানিলিন, (iv) নাইট্রোবেনজিন, (v) ফেনল।

30. একটি বিয়োজী ফানেলে (separating funnel) বাঁদিকের সারিতে উল্লেখিত প্রতিটি যৌগকে পৃথকভাবে জলসহ ঝাঁকিয়ে রেখে দেওয়া হল। তোমার পর্যবেক্ষণ থেকে নীচের তালিকাটি পূর্ণ কর :

জৈব যৌগ	জলে		জল থেকে	
	দ্রাব্য	অদ্রাব্য	ভারী	হাল্কা
(1) বেনজিন				
(2) টলুইন				
(3) নাইট্রোবেনজিন				
(4) অ্যানিলিন				
(5) ইথানল				
(6) অ্যাসিটোন				
(7) ডাইইথাইল ইথার				
(8) মিথানল				
(9) অ্যাসিট্যালডিহাইড				
(10) অ্যাসিটিক অ্যাসিড				

[**উত্তর সংকেত :** মনে রাখ যে যৌগগুলি জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় এই পরীক্ষা থেকে সেই যৌগগুলি জল থেকে ভারী না হাল্কা বলা যায় না।]

31. (i) ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ায় অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের ভূমিকা কি ?

(ii) উর্জ-ফিটিগ বিক্রিয়ায় ইথারের ভূমিকা কি ?

(iii) নাইট্রেসন বিক্রিয়ায় H_2SO_4-এর ভূমিকা কি ?

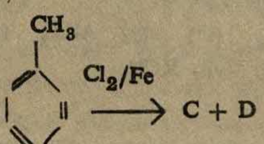
(iv) বেনজিন বলয়ে ক্লোরিনেসন বিক্রিয়ায় আয়রনের ভূমিকা কি ?

(v) বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেনেসন বিক্রিয়ায় নিকেলের ভূমিকা কি ?

32. বেনজিন বলয়ে কি ভাবে (i) C—C, (ii) C—N, (iii) C—S, (iv) C—Cl বন্ধনী উৎপন্ন করা যায় বিক্রিয়ার সাহায্যে দেখাও।

33. নীচের সমীকরণগুলিতে জৈব বিক্রিয়াজাতের (A থেকে Z) গঠন সংকেত ও নাম লেখ :

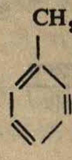
(i) $C_6H_6 \xrightarrow{Cl_2/Fe} A \xrightarrow{Cl_2/Fe} B$

(ii)


(iii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4,\ \sim 60^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } HNO_3/} E \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4,\ \sim 90^\circ \text{ সে.}]{\text{ধূমায়মান } HNO_3/} F$

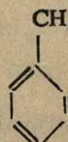
(iv) $C_6H_6 \xrightarrow[\sim 80^\circ \text{ সে.}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} G \xrightarrow[300^\circ \text{ সে.}]{NaOH} H \xrightarrow{HCl} I$

(v) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°-5° \text{ সে.}]{NaNO_2/HCl} J \xrightarrow{CuCl/HCl} K$

(vi)  $\xrightarrow[H_2SO_4 \text{ উত্তাপ}]{\text{গাঢ় } HNO_3/\text{গাঢ়}} L + M$

(vii) $C_6H_5NH_2 + C_6H_5COCl \xrightarrow{NaOH} N$

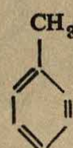
(viii) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°-5° \text{ সে.}]{NaNO_2/HCl} O \xrightarrow{CuCN/KCN} P \xrightarrow{H_2O, H^+} Q$

(ix)  $\xrightarrow[\text{অতিরিক্ত } Cl_2]{\text{সূর্যালোক,}} R \xrightarrow[\Delta]{Ca(OH)_2} S$

(x) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{(ii) } NaOH]{\text{(i) } Sn/HCl} T \xrightarrow{(CH_3CO)_2O} U$

(xi) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3I,} V \xrightarrow[\text{(ii) } HCl]{\text{(i) ক্ষারীয় } KMnO_4} W \xrightarrow{NaHCO_3} X$

(xii)  $\xrightarrow[\text{(ii) } HCl]{\text{(i) } KMnO_4} Y \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{NaOH, CaO} Z$

(xiii)  $\xrightarrow{CrO_2Cl_2} A$

[33. **সংক্ষিপ্ত উত্তর :**

(i) A ⟶ ক্লোরোবেনজিন, B ⟶ মেটা-ডাইক্লোরোবেনজিন। (ii) C ⟶ অর্থো-ক্লোরো-টলুইন, D ⟶ প্যারা-ক্লোরোটলুইন। (iii) E ⟶ নাইট্রোবেনজিন, F ⟶ মেটা-ডাইনাইট্রো বেনজিন। (iv) G ⟶ বেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড, H ⟶ সোডিয়াম ফেনেট, I ⟶ ফেনল। (v) J → $C_6H_5N_2^+Cl^-$, K → ক্লোরোবেনজিন। (vi) L → অর্থোনাইট্রোটলুইন, M → প্যারা-নাইট্রোটলুইন। (vii) N ⟶ $C_6H_5NHCOC_6H_5$ (বেনজ্যানিলাইড)। (viii) O ⟶ $C_6H_5N_2^+Cl^-$, P ⟶ C_6H_5CN, Q ⟶ C_6H_5COOH। (ix) R ⟶ $C_6H_5CCl_3$, S ⟶ C_6H_5COOH। (x) T ⟶ $C_6H_5NH_2$, U ⟶ $C_6H_5NHCOCH_3$। (xi) V ⟶ টলুইন, W ⟶ বেনজোয়িক অ্যাসিড, X ⟶ সোডিয়াম বেনজোয়েট। (xii) Y ⟶ C_6H_5COOH Z ⟶ বেনজিন। (xiii) A′ ⟶ C_6H_5CHO (বেনজ্যালডিহাইড)।]

34. নীচের বিক্রিয়াগুলিতে জৈব উৎপাদিত পদার্থের গঠনসংকেত ও নাম লেখ :

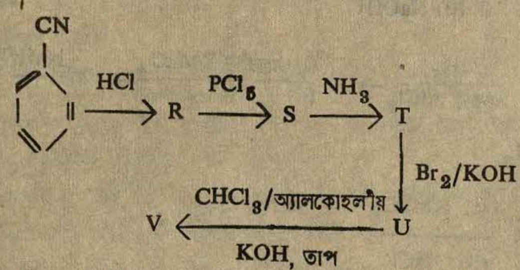
(i) $C_6H_6 \xrightarrow{\text{ধূমায়মান } H_2SO_4} A \xrightarrow[300^\circ\text{সে}]{NaOH} B \xrightarrow{\text{জল}, CO_2} C \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Zn-রজ}} D$

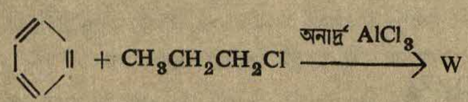
(ii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3/} E \xrightarrow[NH_4Cl.,\ 50\%\ \text{অ্যালকোহল, উত্তাপ}]{\text{Zn-রজ,}} F \xrightarrow[\text{বিকারক}]{\text{টোলেন্স}} G$ (একটি ধাতু)

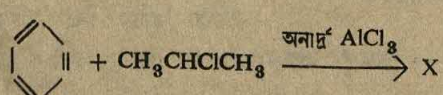
(iii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3/} H \xrightarrow{Zn/HCl} I \xrightarrow[0^\circ-5^\circ\ \text{সে.}]{NaNO_2/HCl} J \xrightarrow{CuCN/KCN} K$

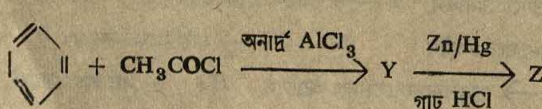
$K \xrightarrow[\text{তাপ}]{H_2O, H^+} L \xrightarrow{(NH_4)_2CO_3} M \xrightarrow{\text{শুষ্ক পাতন}} N \xrightarrow{Br_2/KOH} O$

(iv) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[\text{তাপ}]{CHCl_3/\text{অ্যালকোহলীয় } KOH} P \xrightarrow{\text{গাঢ় } HCl} Q$

(v) 

(vi) 

(vii) 

(viii) 

(ix) $C_6H_5OH \xrightarrow[\text{পাতন}]{\text{Zn চূর্ণ}} A' \xrightarrow[\text{ঘন } H_2SO_4]{\text{ঘন } HNO_3/} B' \xrightarrow[\text{(ii) } NaOH]{\text{(i) } Sn/HCl} C' \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CHCl_3+KOH} D'$

(x) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{শুষ্ক } AlCl_3]{CH_3COCl} E' \xrightarrow{\text{জারণ}} F' \xrightarrow{NH_3} G' \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} H' \xrightarrow{Br_2/KOH} I'$

[34. **সংক্ষিপ্ত উত্তর**

(i) A ⟶ বেনজিনসালফোনিক অ্যাসিড, B ⟶ সোডিয়াম ফেনেট, C ⟶ ফেনল, D ⟶ বেনজিন

(ii) E ⟶ $C_6H_5NO_2$, F ⟶ ফিনাইল হাইড্রক্সিল্যামিন (C_6H_5NHOH), G ⟶ সিলভার।

(iii) H ⟶ $C_6H_5NO_2$, I ⟶ $C_6H_5NH_3^+Cl^-$, J ⟶ $C_6H_5N_2^+Cl^-$, K → C_6H_5CN L ⟶ C_6H_5COOH, M ⟶ $C_6H_5COONH_4$, N → $C_6H_5CONH_2$, O → $C_6H_5NH_2$

(iv) P → C_6H_5NC (ফিনাইল আইসোসায়ানাইড), Q → $C_6H_5NH_2$ (v) R → C_6H_5COOH, S ⟶ C_6H_5COCl, T ⟶ $C_6H_5CONH_2$, U ⟶ $C_6H_5NH_2$, V ⟶ C_6H_5NC

(vi) W ⟶ $C_6H_5CH(CH_3)_2$ (মুখ্য) (vii) X ⟶ $C_6H_5CH(CH_3)_2$

(viii) Y ⟶ $C_6H_5COCH_3$, Z ⟶ $C_6H_5CH_2CH_3$ (ix) A′ ⟶ C_6H_6, B′ ⟶ $C_6H_5NO_2$, C′ ⟶ $C_6H_5NH_2$, D′ ⟶ C_6H_5NC (x) E′ → $C_6H_5COCH_3$, F′ ⟶ C_6H_5COOH, G′ → CH_3COONH_4, H′ → $C_6H_5CONH_2$, I′ → $C_6H_5NH_2$ ।]

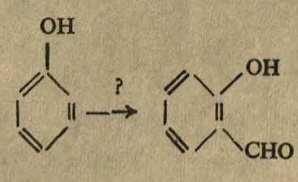
35. নীচের বিক্রিয়াগুলিতে বিকারকগুলির সংকেত ও নাম লেখ (প্রয়োজন হলে শর্তের উল্লেখ কর) ঃ

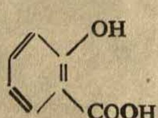
(i) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow{?}$ 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিন।

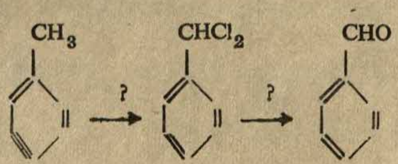
(ii) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow{?} C_6H_5N_2^+HSO_4^- \xrightarrow{?} C_6H_5OH$

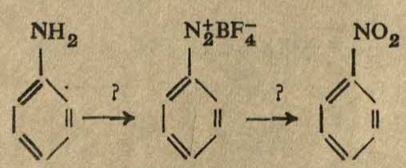
(iii) $C_5H_5NH_2 \xrightarrow{?} C_6H_5N_2^+Cl^- \xrightarrow{?} C_6H_6$

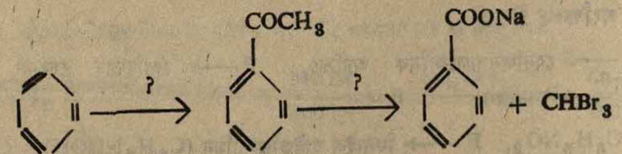
(iv) $C_6H_5SO_3H \xrightarrow{?} C_6H_5OH \xrightarrow{?}$ 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনল

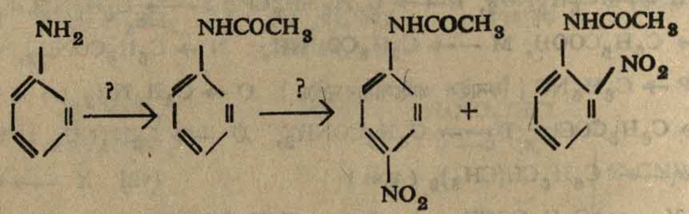
(v)


(vi) $C_6H_5OH \xrightarrow{?} C_6H_5O^-Na^+ \xrightarrow{?}$


(vii)


(viii)


(ix) 

(x) 

[36. **সংক্ষিপ্ত উত্তর :**

(i) Br_2/জল, (ii) $NaNO_2/H_2SO_4$, 0°—5° সে. ; স্টীম পাতন, (iii) $NaNO_2$/HCl, 0°—5° সে. ; H_3PO_2, (iv) NaOH, 300° সে. তারপর HCl ; ব্রোমিন-জল, (v) $CHCl_3$/NaOH তারপর H_2SO_4, (vi) NaOH ; CO_2, চাপ, 120° সে. (vii) Cl_2 (2 মোল), ফুটন্ত টলুইন, $Ca(OH)_2$, তাপ, (viii) $NaNO_2/HBF_4$; $NaNO_2$/Cu, (ix) CH_3COCl, অনার্দ্র $AlCl_3$; Br_2/NaOH, (x) $(CH_3CO)_2O$; গাঢ় HNO_3/গাঢ় H_2SO_4]

পরিশিষ্ট

জৈব রসায়ন

● পরিশিষ্ট –1

গঠনগত সমস্যাবলী : পুস্তকের জৈব রসায়নের মূল অংশে প্রতিটি অধ্যায়ে বহু গঠনগত সমস্যাবলীর সমাধান এবং অনুশীলনীতেও এই ধরনের অনেক সমস্যাবলী দেওয়া হয়েছে। প্রতিটি অধ্যায়ে সমস্যাগুলি এমনভাবে দেওয়া হয়েছে যাতে পাঠ্যসূচীর অন্তর্গত প্রতিটি জৈব যৌগের সম্যক পরিচয়লাভ সম্ভব হয়। এখানে সমগ্র পাঠ্যসূচী ভিত্তিক গঠনগত সমস্যাবলী ও তাদের সমাধান দেওয়া হল। বিশেষত উচ্চ মাধ্যমিক, যুক্ত প্রবেশিকা, আই. আই. টি. এবং সমমানের পরীক্ষার সমস্যাবলীর উপর জোর দেওয়া হল। ছাত্রছাত্রীরা প্রথমে সমস্যাগুলি নিজে নিজে সমাধান করার চেষ্টা করবে। পারলে মিলিয়ে দেখবে, অনেকবার চেষ্টা করে (প্রয়োজন হলে পাঠ্য বিষয় দেখেও) না পারলে সমাধান দেখবে।

1. দুটি সমাবয়বী যৌগ (A) এবং (B)-র একই আণবিক সংকেত C_3H_6O। মৃদু জারণের ফলে (A) গঠন করে $C_3H_6O_2$ আণবিক সংকেত বিশিষ্ট একটি একক্ষারকীয় অ্যাসিড (C)। একই বিক্রিয়ায় (B) অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু এটি দ্রুত I_2 এবং NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। যুক্তিসহ (A) এবং (B)-র নাম ও গঠন সংকেত লেখ। [J. E. E. '80]

সমাধান : (1) (A) এবং (B)-এর আণবিক সংকেত একই C_3H_6O—এই আণবিক সংকেত অ্যালডিহাইড ও কিটোনের সাধারণ সংকেতের ($C_nH_{2n}O$) সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ। (A) ও (B) অ্যালডিহাইড/কিটোন হতে পারে।

(2) A (আণবিক সংকেত C_3H_6O) মৃদু জারণের ফলে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত একক্ষারকীয় অ্যাসিড (C) (আণবিক সংকেত $C_3H_6O_2$)-তে পরিণত হয়। এখন $C_3H_6O_2$ এই আণবিক সংকেত সম্পন্ন একটি মাত্র অ্যাসিড CH_3CH_2COOH (প্রপানোয়িক অ্যাসিড) হতে পারে।

∴ একক্ষারকীয় অ্যাসিড (C) হল **প্রপানোয়িক অ্যাসিড (CH_3CH_2COOH)**।

এখন, অ্যালডিহাইডের মৃদু জারণে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সুতরাং (A) একটি অ্যালডিহাইড এবং এটি হল CH_3CH_2CHO (**প্রপান্যাল**)।

(3) (B) মৃদু জারণ ক্রিয়ায় অ্যাসিড উৎপন্ন করে না। ∴ (B) অ্যালডিহাইড নয়। আবার (B) I_2/NaOH-এর সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া করে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। ∴ (B)-তে CH_3CO গ্রুপ বর্তমান এবং B যৌগটি হল CH_3COCH_3 (যেহেতু সংকেত C_3H_6O) বা প্রপানোন।

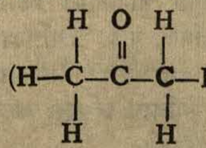
বিক্রিয়াগুলি হল : (1) $$\underset{\text{আঃ সংকেত } C_3H_6O}{\underset{(A)}{CH_3CH_2CHO}} \xrightarrow{\text{মৃদু জারণ}} \underset{\text{আঃ সংকেত } C_3H_6O_2}{\underset{\text{প্রপানোয়িক অ্যাসিড}}{\underset{(C)}{CH_3CH_2COOH}}}$$

(2) $$\underset{(B)}{CH_3COCH_3} \xrightarrow{\text{মৃদু জারণ}} X$$

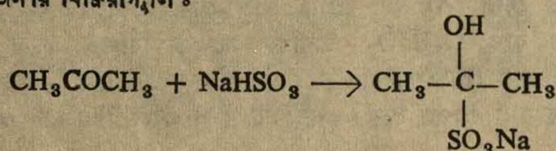
$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{I_2/NaOH} CHI_3 + CH_3COONa$$

2. একটি জৈবযৌগ জলে দ্রাব্য। সোডিয়ামের ক্রিয়ায় যৌগটি থেকে হাইড্রোজেন নির্গত হয় না। এটি সিফ্‌ বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। যৌগটি বাইসালফাইটের ($NaHSO_3$) সঙ্গে ক্রিয়া করে এবং আয়োডোফরম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়। যৌগটির গঠন সংকেত এবং প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি দাও। [J. E. E. '78]

সমাধান ঃ (1) যৌগটির সঙ্গে সোডিয়ামের ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয় না। সুতরাং যৌগটি অ্যাসিড বা অ্যালকোহল নয়। (2) আবার যৌগটি সিফ-বিকারকের বর্ণ ফিরিয়ে আনে না, সুতরাং যৌগটি অ্যালডিহাইড নয়। (3) যৌগটি বাইসালফাইট যুত যৌগ উৎপন্ন করে এবং আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয়। সুতরাং যৌগটি CH_3CO গ্রুপ যুক্ত একটি কিটোন। আবার যেহেতু যৌগটি জলে দ্রাব্য, সুতরাং যৌগটি অ্যালিফেটিক কিটোন শ্রেণীর প্রথম সদস্য

অ্যাসিটোন  হতে পারে।

প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াগুলি ঃ

(1)  অ্যাসিটোন সোডিয়াম বাইসালফাইট যুত যৌগ

(2) $CH_3COCH_3 + 3I_2 + 4NaOH$

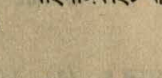
$$\longrightarrow CHI_3 + 3NaI + CH_3COONa + 3H_2O$$

3. (i) 'A' একটি জৈব তরল পদার্থ।

(ii) 'A' জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে মিশে যায় এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ করে।

(iii) 'A'-কে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাসটি নীল শিখায় জ্বলে। 'A' নামক তরলটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান ঃ (1) যেহেতু 'A' নামক জৈব যৌগটি তরল এবং জলে যে কোন অনুপাতে মেশে এবং জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী সুতরাং, A যৌগটি অ্যালিফেটিক কার্বক্সিলিক অ্যাসিড সমগণীয় শ্রেণীর অধস্তন সদস্যদের একটি।

(2) নীল শিখায় জ্বলে এমন বর্ণহীন গ্যাস কার্বন মনোক্সাইড (CO) হতে পারে। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলির মধ্যে একমাত্র ফরমিক অ্যাসিড গাঢ় H_2SO_4 দিয়ে বিযোজিত হয়ে CO উৎপন্ন করে। সুতরাং 'A' নামক জৈব তরলটি ফরমিক অ্যাসিড,  ।

$$HCOOH \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CO\uparrow + H_2O$$

4. 'A' একটি বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত হলুদ রঙের কঠিন জৈব যৌগ। 'A'-কে Ag-রজ সহ উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসটি অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। 'A' যৌগটিকে সনাক্ত কর।

সমাধান ঃ (1) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডে শোষিত হয় এমন একটি বর্ণহীন গ্যাস অ্যাসিটিলিন হতে পারে।

(2) 'A' একটি হলুদ রঙের বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত কঠিন পদার্থ, যাকে Ag-রজ সহ উত্তপ্ত

করলে বর্ণহীন গ্যাসটি পাওয়া যায়। আয়োডোফর্ম (CHI_3) একটি হলুদ রং-এর বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত কঠিন পদার্থ এবং আয়োডোফর্মকে Ag-রজসহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

সুতরাং 'A' নামক যৌগটি আয়োডোফর্ম (CHI_3)।

বিক্রিয়াগুলি হল ঃ $2CHI_3 + 6\,Ag \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{C_2H_2} \uparrow + 6\,AgI$

$$CH \equiv CH + 2\,CuCl \longrightarrow \underset{\text{কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইড}}{CuC \equiv CCu} + 2\,HCl$$

$$2HCl + 2NH_3 \longrightarrow 2NH_4Cl$$

5. একটি সুমিষ্ট গন্ধবিশিষ্ট জৈব তরল পদার্থ (A)-কে লঘু অ্যাসিড সহযোগে আর্দ্রবিশ্লেষণ করিলে একটি অ্যাসিড (B) ও একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল (C) উৎপন্ন হয়। (C) অ্যালকোহলটি আয়োডোফর্ম দেয়। (C) অ্যালকোহলকে জারিত করিলে ঐ একই অ্যাসিড (B) উৎপন্ন হয়। (A), (B) ও (C) যৌগ তিনটির নাম ও সংকেত লিখ। উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। [H.S. '87]

সমাধান ঃ সমস্যাটি হল ঃ $\underset{\text{সুমিষ্ট গন্ধ, জৈব তরল}}{(A)} \xrightarrow{H_2O,\ H^{\oplus}} \underset{\text{অ্যাসিড}}{(B)} + \underset{1^\circ \text{ অ্যালকোহল}}{(C)} \xrightarrow{I_2/\text{ ক্ষার}} CHI_3$

(C) থেকে (B): জারণ

(1) (A) যৌগটি সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত জৈব তরল এবং 'A'-কে লঘু অ্যাসিড দিয়ে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে একটি অ্যাসিড ও প্রাইমারী অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ∴ (A) একটি এস্টার শ্রেণীর যৌগ—কারণ এস্টারের সাধারণত সুমিষ্ট গন্ধ থাকে এবং এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যাসিড ও অ্যালকোহল পাওয়া যায়।

(2) (C) একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল এবং (C) আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। একমাত্র প্রাইমারী অ্যালকোহল ইথাইল অ্যালকোহল আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। ∴ C যৌগটি ইথাইল অ্যালকোহল (CH_3CH_2OH)

(3) (C)-এর জারণের ফলে (B) অ্যাসিডটি উৎপন্ন হয়। যেহেতু (C) একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল, এর জারণের ফলে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এখন (C) হল ইথাইল অ্যালকোহল। ইথাইল অ্যালকোহলের জারণের ফলে সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) উৎপন্ন হয়। ∴ (C) যৌগটি অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH)।

(4) যেহেতু (A) যৌগটি একটি এস্টার এবং এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। ∴ (A) যৌগটি হল ইথাইল অ্যাসিটেট ($CH_3COOC_2H_5$) —ইথাইল অ্যাসিটেটের সুমিষ্ট গন্ধ আছে এবং এটি একটি তরল পদার্থ। ∴ (A) যৌগটি **ইথাইল অ্যাসিটেট** ($CH_3COOC_2H_5$), (B) যৌগটি **অ্যাসেটিক অ্যাসিড** (CH_3COOH) এবং (C) যৌগটি **ইথাইল অ্যালকোহল** (CH_3CH_2OH)।

বিক্রিয়াগুলি হল ঃ (i) $\underset{\substack{(A)\\\text{ইথাইল অ্যাসিটেট—সুমিষ্ট}\\\text{গন্ধযুক্ত জৈব তরল}}}{CH_3COOC_2H_5} \xrightarrow{H_2O,\ H^{\oplus}} \underset{\substack{(B)\\\text{অ্যাসেটিক}\\\text{অ্যাসিড}}}{CH_3COOH} + \underset{\substack{(C)\\\text{ইথাইল}\\\text{অ্যালকোহল}}}{CH_3CH_2OH}$

(ii) $\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল (C)}}{CH_3CH_2OH} + 4I_2 + 6NaOH \longrightarrow \underset{\text{আয়োডোফর্ম}}{CHI_3} + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$

(iii) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{\text{জারণ}} CH_3COOH$
ইথাইল অ্যালকোহল (C) অ্যাসেটিক অ্যাসিড (B)

6. $C_6H_{12}O_2$ আণবিক সংকেতযুক্ত একটি তরল (X)-কে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণ করলে একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (Y) এবং একটি অ্যালকোহল (Z) পাওয়া যায়। (Z)-কে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে (Y) পাওয়া যায়। (X), (Y) এবং (Z)-এর গঠন নির্ণয় কর। (I. I. T. '86)

সমাধান : (i) X তরলটিকে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করলে একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (Y) ও একটি অ্যালকোহল (Z) পাওয়া যায়। এস্টারের আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যাসিড ও অ্যালকোহল পাওয়া যায়। ∴ X তরলটি একটি এস্টার।

(ii) যেহেতু অ্যালকোহল (Z)-টির ক্রোমিক অ্যাসিড দ্বারা জারণে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (Y) পাওয়া যায়, (Y) ও (Z)-এ একই সংখ্যক কার্বন পরমাণু আছে এবং অ্যালকোহলটি একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল। এখন এস্টারটিতে 6টি কার্বন পরমাণু আছে, সুতরাং অ্যালকোহল ও অ্যাসিডে তিনটি করে কার্বন পরমাণু আছে। 3টি কার্বন পরমাণু যুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড হল CH_3CH_2COOH (প্রপানোয়িক অ্যাসিড) এবং 3টি কার্বন পরমাণুযুক্ত প্রাইমারী অ্যালকোহল হল $CH_3CH_2CH_2OH$ (1-প্রপানল)।

∴ এস্টারটি হল $CH_3CH_2COOCH_2CH_2CH_3$ (প্রপাইল প্রপানোয়েট)।

বিক্রিয়াগুলি হল : $CH_3CH_2COOCH_2CH_2CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+}$
প্রপাইল প্রপানোয়েট

$CH_3CH_2COOH + CH_3CH_2CH_2OH$
প্রপানোয়িক অ্যাসিড 1-প্রপানল

$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[\text{অ্যাসিড}]{\text{ক্রোমিক}} CH_3CH_2COOH$
1-প্রপানল প্রপানোয়িক অ্যাসিড

[অ্যালকোহল ও অ্যাসিডে সমসংখ্যক C পরমাণু না থাকলে অ্যালকোহলটি 1° অ্যালকোহল হতে পারে না। অ্যালকোহলটি অ্যাসিড থেকে বেশী C পরমাণু যুক্ত 2° অ্যালকোহল হলে অ্যালকোহলটি 2-বিউটানল ও অ্যাসিডটি অ্যাসেটিক হতে পারে। এক্ষেত্রে 2-বিউটানলের জারণে প্রথমে 2-বিউটানোন এবং তারপরে অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও প্রপানোয়িক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। তাছাড়া এই জারণটিও অপেক্ষাকৃত কষ্টসাধ্য।]

7. **নিজে কর :** $C_4H_8O_2$ আণবিক সংকেত যুক্ত একটি জৈব তরল (A)-কে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড (B) ও একটি অ্যালকোহল (C) পাওয়া যায়। (C)-কে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে জারিত করলে (B) পাওয়া যায়। (A), (B) ও (C)-এর গঠন নির্ণয় কর। (উঃ $CH_3COOC_2H_5$)

8. $C_6H_{13}Cl$ আণবিক সঙ্কেত সম্পন্ন একটি যৌগ (A)-এর মধ্যে সিলভার নাইট্রেট যোগ করলে ধীরে ধীরে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। উত্তপ্ত অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় (A) C_6H_{12} আণবিক সংকেত যুক্ত দুটি সমাবয়বী অ্যালকিন (B) ও (C)-এর মিশ্রণ উৎপন্ন করে। (B) ও (C)-এর মিশ্রণকে ওজোন-বিশ্লেষ করলে চারটি যৌগ উৎপন্ন হয় :

(i) CH_3CHO (ii) C_2H_5CHO (iii) CH_3COCH_3

(iv) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CHO$। (A), (B) ও (C)-এর গঠন নির্ণয় কর। (I. I. T. '86)

সমাধান : (1) A-এর আণবিক সঙ্কেত $C_6H_{13}Cl$ এবং A-এর সঙ্গে অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় (অর্থাৎ ডি-হাইড্রোহ্যালোজেনেসন দ্বারা) দুটি সমাবয়বী অ্যালকিন (B) ও (C) পাওয়া যায়।

∴ (B) ও (C) অ্যালকিন দুটিতে 6টি করে কার্বন পরমাণু আছে, যা C_6H_{12} এই আণবিক সংকেতের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

(2) (B) ও (C)-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে চারটি যৌগ পাওয়া যায়। এখন ওজোন-বিশ্লেষের ফলে প্রাপ্ত যৌগগুলির (অথবা যৌগটির) মোট কার্বন-সংখ্যা যে যৌগটির ওজোন-বিশ্লেষ করা হয় তার কার্বন-সংখ্যার সঙ্গে সমান হতে হবে।

∴ একটি অ্যালকিন, ধরা যাক B-এর ওজোন-বিশ্লেষের ফলে CH_3CHO ও $CH_3CH(CH_3)CHO$ পাওয়া যায় এবং অপর অ্যালকিনটির (C-এর) ওজোন-বিশ্লেষের ফলে C_2H_5CHO ও CH_3COCH_3 পাওয়া যায়।

(B) অ্যালকিনটির গঠন হল ঃ $CH_3CH(CH_3)CH{=}CHCH_3$

4-মিথাইল-2-পেণ্টিন

এবং (C) অ্যালকিনটির গঠন হল ঃ $CH_3-C(CH_3){=}CH-CH_2-CH_3$

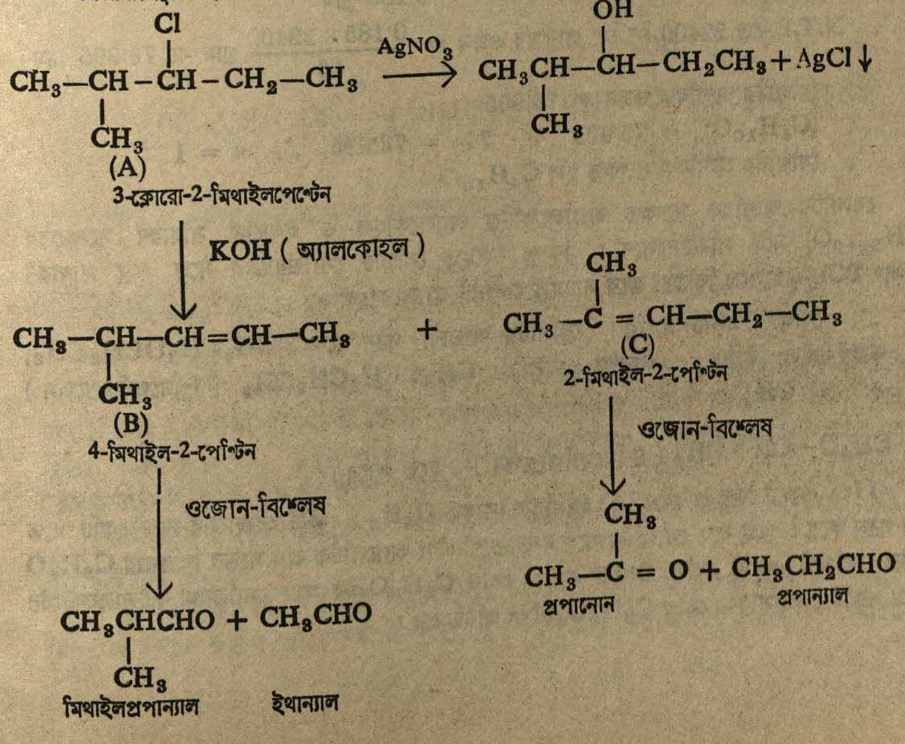
2-মিথাইল-2-পেণ্টিন

(3) এখন (A)-এর ডিহাইড্রোহ্যালোজেনেসন দ্বারা দুটি অ্যালকিনই (B ও C) পাওয়া যায়।

সুতরাং, (A)-এর গঠন হল ঃ $CH_3-CH(CH_3)-CH(Cl)-CH_2-CH_3$ 3-ক্লোরো-2-মিথাইলপেণ্টেন

যৌগটিতে ক্লোরিন সেকেণ্ডারী কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকায় সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধীরে ধীরে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

বিক্রিয়াগুলি হল ঃ



9. নিজে কর ঃ C_4H_9Cl আণবিক সংকেত যুক্ত একটি যৌগ (A) উত্তপ্ত অ্যালকোহলীয় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দুটি সমাবয়বী অ্যালকিন (B) ও (C)-এর মিশ্রণ উৎপন্ন করে। (B) ও (C)-এর মিশ্রণকে ওজোন-বিশ্লেষ করলে তিনটি যৌগ উৎপন্ন হয় ঃ (i) CH_3CHO (ii) CH_3CH_2CHO, (iii) HCHO। (A), (B), (C) -এর গঠন নির্ণয় করে।

[উঃ A → $CH_3CH_2CH(Cl)CH_3$ B → $CH_3CH = CHCH_3$
C → $CH_3CH_2CH = CH_2$]

10. কার্বন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সমবায়ে গঠিত একটি জৈব যৌগে 65% কার্বন এবং 13·5% হাইড্রোজেন আছে। এই যৌগের 0·185 গ্রাম পরিমাণকে গ্যাসে পরিণত করিলে প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় এর আয়তন হয় 56 c.c.। যৌগটি সোডিয়ামের সঙ্গে এবং সাধারণ অবস্থায় PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। যৌগটির স্থূল সংকেত এবং আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। এই যৌগটির একটি সম্ভাব্য নাম ও গঠন সংকেত লেখ। [H.S. '84, Jt. Ent. '83]

সমাধান ঃ

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (তৌলিক অনুপাত ÷পাঃ ওজন)	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত÷অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	65	65/12 = 5·416	5·416/1·344 ≈ 4	4	
H	13·5	13·5/1 = 13·5	13·5/1·344 ≈ 10	10	$C_4H_{10}O$
O	100−(65+13·5) = 21·5	21·5/16 = 1·344	1·344/1·344 = 1	1	

এখন N.T.P.-তে 56 সি.সি. গ্যাসের ওজন = 0·185 গ্রাম

∴ N.T.P.-তে 22400 সি.সি. গ্যাসের ওজন = $\frac{0{\cdot}185 \times 22400}{56}$ গ্রাম বা, 73·995 গ্রাম

∴ যৌগটির আণবিক ওজন = 73·995

∴ $(C_4H_{10}O)_n$ = 73·995 বা, $74n$ = 73·995 ∴ $n = 1$

∴ যৌগটির আণবিক সংকেত হল $C_4H_{10}O$

যৌগটির আণবিক সংকেত অ্যালিফেটিক অ্যালকোহল ও ইথারের সাধারণ সংকেতের ($C_nH_{2n+2}O$) সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ। কিন্তু যেহেতু যৌগটি সোডিয়ামের সঙ্গে এবং সাধারণ অবস্থায় PCl_5-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না তাই যৌগটি অ্যালকোহল নয়।

∴ যৌগটি একটি **ইথার**। যৌগটির সম্ভাব্য **গঠন সংকেত** $CH_3CH_2OCH_2CH_3$, নাম **ডাইইথাইল ইথার**। (অবশ্য যৌগটি $CH_3OCH_2CH_2CH_3$ (1-মিথোক্সিপ্রপেন)

$$\begin{array}{c} \quad\;\; CH_3 \\ \quad\;\; | \\ CH_3O—CH—CH_3 \end{array}$$

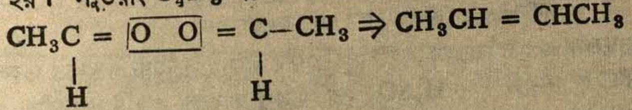
বা, $CH_3O—CH(CH_3)—CH_3$ (2-মিথোক্সিপ্রপেন)-ও হতে পারে।

11. একটি জৈব যৌগের (A) আণবিক সংকেত C_4H_8। এটি ওজোনের সঙ্গে একটি যুত যৌগ গঠন করে। এই যুত যৌগটির সঙ্গে দস্তা-চূর্ণ এবং অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় C_2H_4O সংকেত বিশিষ্ট একটি যৌগ উৎপন্ন হয়। যৌগ C_2H_4O-এর সঙ্গে সোডিয়াম বাইসালফাইটের ক্রিয়ায় একটি কেলাসাকার যৌগ $C_2H_5O_4SNa$ গঠিত হয়।

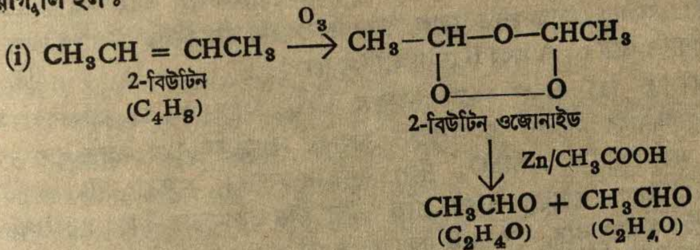
যৌগ A-এর গঠন সংকেত কি হতে পারে? বিক্রিয়াগুলির ব্যাখ্যা দাও। যৌগ A-এর সম্ভাব্য গঠনগত সমাংশগুলির গঠন সংকেত সহ নাম লেখ। [J. E. E. '83]

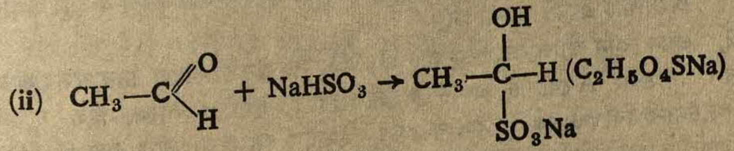
সমাধান : (1) C_2H_4O সংকেত বিশিষ্ট যৌগটি সোডিয়াম বাইসালফাইটের ক্রিয়ায় কেলাসাকার যৌগ $C_2H_5O_4SNa$ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন যৌগটি C_2H_4O-এর বাইসালফাইট যুত যৌগ ($C_2H_4O + NaHSO_3 \rightarrow C_2H_5O_4SNa$)। অ্যালডিহাইড ও কিটোন বাইসালফাইট যুত যৌগ গঠন করে। এখন দুটি কার্বন বিশিষ্ট কোন যৌগ কিটোন হতে পারে না। সুতরাং যৌগটি একটি অ্যালডিহাইড এবং C_2H_4O সংকেত বিশিষ্ট একটিই অ্যালডিহাইড হতে পারে এবং এটি হল **CH_3CHO (অ্যাসিট্যালডিহাইড)**।

(2) C_4H_8 (A) ওজোনের সঙ্গে যুত যৌগ গঠন করে। $\therefore$ C_4H_8 একটি অ্যালকিন [অ্যালকিনের সাধারণ সংকেতের (C_nH_{2n}) সঙ্গে (A)-এর সাধারণ সংকেত সঙ্গতিপূর্ণ]। এখন অ্যালকিনের সঙ্গে ওজোনের যুত যৌগের অর্থাৎ ওজোনাইডের সঙ্গে দস্তা-চূর্ণ ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় C_2H_4O উৎপন্ন হয়। উপরে দেখানো হয়েছে C_2H_4O যৌগটি অ্যাসিট্যালডিহাইড। অর্থাৎ 1 মোল ওজোনাইডটির আর্দ্র-বিশ্লেষণে 2 মোল অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং C_4H_8 সংকেত সম্পন্ন A যৌগটি **2-বিউটিন, ($CH_3CH = CHCH_3$) :**

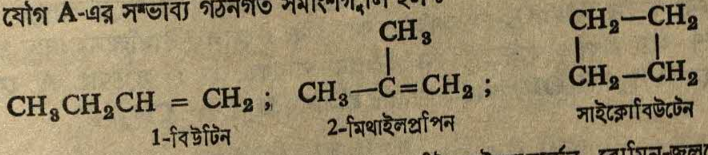


বিক্রিয়াগুলি হল :





যৌগ A-এর সম্ভাব্য গঠনগত সমাংশগুলি হল :



12. দুইটি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট একটি হাইড্রোকার্বন ব্রোমিন-জলকে বর্ণহীন করে এবং $HgSO_4$-এর উপস্থিতিতে H_2SO_4 দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যে যৌগ গঠন করে তাহা ব্লিচিং পাউডার দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয়। হাইড্রোকার্বনটির নাম লেখ এবং তোমার বক্তব্যের সমর্থনে সমীকরণগুলি দাও। [H. S. '82]

সমাধান : (1) হাইড্রোকার্বনটি ব্রোমিন-জলকে বর্ণহীন করে। সুতরাং এটি একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন।

(2) হাইড্রোকার্বনটির সঙ্গে $HgSO_4/H_2SO_4$-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগটি ব্লিচিং পাউডার দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া এবং

CH_3CO-গ্রুপযুক্ত যৌগগুলি হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে। এখন দুটি কার্বন যুক্ত একমাত্র হাইড্রোকার্বন অ্যাসিটিলিন $HgSO_4/H_2SO_4$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO) উৎপন্ন করে যার মধ্যে CH_3CO গ্রুপ আছে এবং অ্যাসিট্যালডিহাইড ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন করে। সুতরাং হাইড্রোকার্বনটি অ্যাসিটিলিন, $H-C \equiv C-H$।

বিক্রিয়াগুলি হল : (i) $\underset{\text{অ্যাসিটিলিন}}{HC \equiv CH} + \underset{\text{(লালাভ বাদামী)}}{Br_2} \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{অ্যাসিটিলিন ডাইব্রোমাইড (বর্ণহীন)}}{H-C(Br) = C(Br)-H}$

(ii) $HC \equiv CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4/} [H_2C = CHOH] \longrightarrow \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO}$

(iii) $\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow[\text{জল}]{Ca(OCl)Cl} \underset{\text{ক্লোরোফর্ম}}{CHCl_3}$

13. কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন সহযোগে গঠিত একটি সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল জৈব যৌগের (A) স্ফুটনাংক 78°C। A-কে গাঢ় H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করলে একটি গ্যাসীয় পদার্থ (B) উৎপন্ন হয়। B-এর স্থূল সংকেত CH_2। B ব্রোমিন-জল এবং ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ বর্ণহীন করে। আবার, উহার প্রতি মোল উচ্চ তাপমাত্রায় নিকেলের উপস্থিতিতে এক মোল হাইড্রোজেন শোষণ করে। A এবং B যৌগ দুটি সনাক্ত কর। [I. I. T. '79]

সমাধান : (1) B-এর স্থূল সংকেত CH_2, সুতরাং এর আণবিক সংকেত হল $(CH_2)_n$—এই আণবিক সংকেত অ্যালকিনের সাধারণ সংকেতের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ। আবার B ব্রোমিন-জল এবং ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ বর্ণহীন করে। সুতরাং, B একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন। আবার যেহেতু B-এর প্রতি মোল উচ্চ তাপমাত্রায় নিকেলের উপস্থিতিতে এক মোল হাইড্রোজেন শোষণ করে, সুতরাং B-এর মধ্যে একটি কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধনী উপস্থিত।

∴ B যৌগটি একটি অ্যালকিন।

(2) এখন কোন অ্যালকোহলকে গাঢ় H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করলে নিরুদনের ফলে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। সুতরাং A যৌগটি একটি অ্যালকোহল। ইথাইল অ্যালকোহল সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত 78° সে. স্ফুটনাংক বিশিষ্ট একটি তরল পদার্থ। ইথাইল অ্যালকোহলকে গাঢ় H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করলে নিরুদনের ফলে ইথিলিন ($H_2C = CH_2$) উৎপন্ন হয়। ইথিলিনের স্থূল সংকেত CH_2, এটি ব্রোমিন-জল এবং ক্ষারীয় $KMnO_4$-কে বর্ণহীন করে এবং 1 মোল (ইথিলিনের মোল প্রতি) হাইড্রোজেন শোষণ করে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন ইথেনে পরিণত হয়। সুতরাং A যৌগটি ইথাইল অ্যালকোহল (CH_3CH_2OH) এবং B যৌগটি ইথিলিন $H_2C = CH_2$)।

বিক্রিয়াগুলি হল : (i) $\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \text{ (অতিরিক্ত)}} \underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + H_2O$

(ii) $\underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + \underset{\text{লালাভ বাদামী}}{Br_2} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{2-ব্রোমোইথানল (বর্ণহীন)}}{H_2CBrCH_2OH} + HBr$

(iii) $CH_2 = CH_2 + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{(বেগুনী)}]{\text{ক্ষারীয় } KMnO_4} \underset{\text{ইথিলিন গ্লাইকল (বর্ণহীন)}}{CH_2(OH)CH_2(OH)}$

(iv) $\underset{\text{ইথিলিন}}{CH_2 = CH_2} + H_2 \xrightarrow[\text{উচ্চ তাপমাত্রা}]{Ni} \underset{\text{ইথেন}}{CH_3-CH_3}$

14. একটি অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের মৌলগুলির ওজনের শতকরা পরিমাণ নীচে দেওয়া হল : C—77·42%, H—7·53%, N—15·05%, মোট—100%

এই যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 46·5। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। এই যৌগটি HCl-এর সংস্পর্শে একটি লবণ উৎপন্ন করে এবং বরফের দ্বারা ঠান্ডা করা নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ডায়াজোনিয়াম লবণে রূপান্তরিত হয়। যৌগটি কি নিরূপণ কর। [J. E. E. '84]

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	77·42	77·42/12=6·45	6·45/1·07≈6	6	
H	7·53	7·53/1=7·53	7·53/1·07≈7	7	C_6H N
N	15·05	15·05/14=1·07	1·07/1·07=1	1	

যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব = 46 5, ∴ আণবিক ওজন = 2×46·5 বা 93

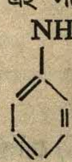
যৌগটির আণবিক সংকেত = $(C_6H_7N)_n$

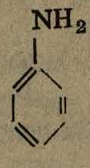
$$\therefore\ (C_6H_7N)_n = 93 \text{ বা, } (12\times6+7\times1+14)n = 93 \text{ বা, } n = \frac{93}{93} = 1$$

∴ যৌগটির আণবিক সংকেত হল C_6H_7N

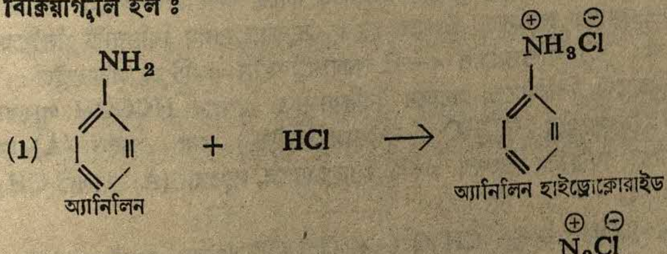
যৌগটি HCl-এর সংস্পর্শে একটি লবণ উৎপন্ন করে। সুতরাং যৌগটি ক্ষারকীয় প্রকৃতির। যেহেতু যৌগটিতে নাইট্রোজেন আছে, যৌগটিতে অ্যামিনো গ্রুপ থাকতে পারে।

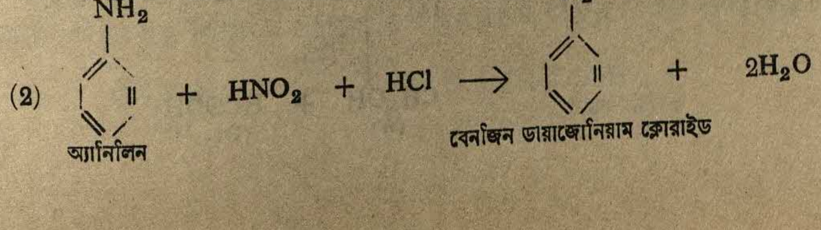
যৌগটি বরফ দ্বারা ঠান্ডা করা নাইট্রাস অ্যাসিডের (অতিরিক্ত অ্যাসিড যেমন HCl-এর উপস্থিতিতে) সঙ্গে বিক্রিয়া করে ডায়াজোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। এটি অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগের ধর্ম। সুতরাং যৌগটি একটি অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিন। এখন C_6H_7N এই সংকেত সম্পন্ন একটিমাত্র অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিন যৌগ হতে পারে এবং

এটি হল 

(অ্যানিলিন)। ∴ যৌগটি হল অ্যানিলিন 

বিক্রিয়াগুলি হল :

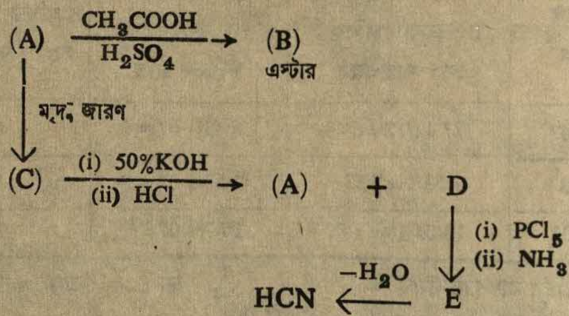




15. একটি জৈব যৌগ (A)-এর সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় একটি এস্টার (B) উৎপন্ন হয়। (A)-এর মৃদু জারণে (C) উৎপন্ন হয়। (C)-এর সঙ্গে 50% পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটিয়ে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে অম্লায়িত করলে (A) এবং (D) পাওয়া যায়। (D)-এর সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিক্রিয়া ঘটানোর পর অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে (E) পাওয়া যায়। E-এর নিরুদনের ফলে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। (A), (B), (C), (D) ও (E) যৌগগুলিকে সনাক্ত কর।

[I. I. T. '87]

সমাধান ঃ সমস্যাটি সাজালে দাঁড়ায় ঃ



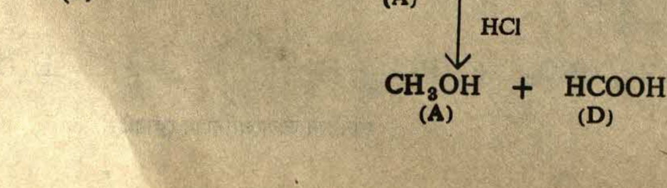
(1) (A)-এর সঙ্গে অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়। ∴ (A) একটি অ্যালকোহল। কারণ অ্যাসিড অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যাসিড ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় এস্টার উৎপন্ন হয়।

(2) E-এর নিরুদনের ফলে HCN উৎপন্ন হয়। ∴ (A) একটি অ্যামাইড-অ্যামিডো ($-CONH_2$) গ্রুপের নিরুদনের ফলে সায়ানো ($-C\equiv N$) উৎপন্ন হয়। এবং (A) অ্যামাইডটি নিঃসন্দেহে $H-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2$ (ফরম্যামাইড) ঃ $H-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-NH_2 \xrightarrow{-H_2O} HCN$

(3) (D)-এর সঙ্গে PCl_5 এবং তারপর NH_3-এর বিক্রিয়ায় ফরম্যামাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং (D) নিশ্চিতরূপে HCOOH (ফরমিক অ্যাসিড) ঃ

$$\underset{(D)}{HCOOH} \xrightarrow{PCl_5} \underset{(\text{দুঃস্থিত})}{HCOCl} \xrightarrow{NH_3} \underset{(E)}{HCONH_2}$$

(4) আগেই দেখানো হয়েছে (A) যৌগটি একটি অ্যালকোহল। এখন (C) যৌগটির সঙ্গে 50% KOH-এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে অম্লায়িত করলে (A)—একটি অ্যালকোহল, ও (D)—ফরমিক অ্যাসিড, উৎপন্ন হয়। সুতরাং প্রথম বিক্রিয়াটি নিশ্চিতরূপে ক্যানিজারো বিক্রিয়া এবং (C) নিশ্চিতরূপে α—H পরমাণুবিহীন একটি অ্যালডিহাইড। এখন যেহেতু (C)-এর ক্যানিজারো বিক্রিয়াতে অন্যতম বিক্রিয়াজাত হিসাবে HCOOH পাওয়া যায়, সুতরাং (C) যৌগটি নিঃসন্দেহে HCHO (ফরম্যালডিহাইড) এবং যেহেতু (A) যৌগটি HCHO-এর ক্যানিজারো বিক্রিয়ায় উৎপন্ন একটি অ্যালকোহল, সুতরাং (A) যৌগটি CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল) ঃ



আবার (C) (ফরম্যালডিহাইড) উৎপন্ন হয় (A)-এর মৃদু জারণে—এর থেকেও প্রমাণিত হয় (A) যৌগটি মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH) ঃ

$$\underset{(A)}{CH_3OH} \xrightarrow{\text{মৃদু জারণ}} \underset{(C)}{HCOOH}$$

(5) মিথাইল অ্যালকোহল (A)-এর সঙ্গে H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে CH_3COOH-এর বিক্রিয়ায় (B) এস্টারটি উৎপন্ন হয়, সুতরাং (B) এস্টারটি নিশ্চিতরূপে CH_3COOCH_3 (মিথাইল অ্যাসিটেট) ঃ

$$\underset{(A)}{CH_3OH} + CH_3COOH \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOCH_3} + H_2O$$

$\therefore$ $A \rightarrow CH_3OH$ (মিথাইল অ্যালকোহল); $B \rightarrow CH_3COOCH_3$ (মিথাইল অ্যাসিটেট) ; $C \rightarrow HCHO$ (ফরম্যালডিহাইড) ; $D \rightarrow HCOOH$ (ফরমিক অ্যাসিড) ; $E \rightarrow HCONH_2$ (ফরম্যামাইড) ।

16. একটি জৈব যৌগের মৌলগুলির ওজনানুপাত হল ঃ C—62·07%, H—10·34%, O—27·59% । যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। 0·1 গ্রাম পরিমাণ যৌগটিকে বাষ্পায়িত করলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 38·62 মিলিলিটার পরিমাণ বায়ু প্রতিস্থাপিত করে। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। যৌগটি বাইসালফাইটের সঙ্গে যুক্ত যৌগ তৈরি করে। সম্ভাব্য যৌগগুলির নাম উল্লেখ কর। [J. E. E. '87]

সমাধান ঃ (1) সাধারণ প্রচলিত পদ্ধতিতে প্রথমে স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। স্থূল সংকেত C_3H_6O ।

(2) তারপর আণবিক ওজন বার করে আণবিক সংকেত বার কর। আণবিক সংকেতও C_3H_6O ।

(3) যৌগটি বাইসালফাইট যুত যৌগ গঠন করে। সুতরাং যৌগটি অ্যালডিহাইড বা কিটোন হবে। C_3H_6O আণবিক সংকেত সম্পন্ন অ্যালডিহাইড ও কিটোন যৌগগুলি হল ঃ CH_3CH_2CHO (প্রপান্যাল), CH_3COCH_3 (প্রপানোন) । এই দুটিই সম্ভাব্য যৌগ।

17. একটি জৈব যৌগ (A)-এর ওজনগত সংযুতি হলঃ কার্বন = 65·45% ; নাইট্রোজেন = 25·46% এবং হাইড্রোজেন = 9·09% । যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 27·5 । একে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করলে একটি মনোবেসিক অ্যাসিড (B) পাওয়া যায় যাকে সোডালাইম দিয়ে পাতন করলে একটি হাইড্রোকার্বন (C) তৈরী হয়। (A)-কে অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনায়িত করলে একটি মনোঅ্যাসিডিক বেস (D) পাওয়া যায় যা নাইট্রাস অ্যাসিড প্রয়োগে *n*—propyl alcohol তৈরী করে। (A), (B), (C) এবং (D) সনাক্ত কর। [J. E. E. '87]

সমাধান ঃ (1) সাধারণ প্রচলিত পদ্ধতিতে (A)-এর আণবিক সংকেত বার কর। আণবিক সংকেত হল C_3H_5N ।

(2) যেহেতু যৌগটিতে শুধু কার্বন, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন আছে এবং যৌগটির আর্দ্র-বিশ্লেষণে মনোবেসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, সুতরাং যৌগটিতে সায়ানোগ্রুপ উপস্থিত ঃ

$$-CN \xrightarrow{\text{আর্দ্র-বিশ্লেষণ}} -COOH$$

সুতরাং যৌগটি হল ঃ C_2H_5CN বা CH_3CH_2CN (ইথাইল সায়ানাইড) । ইথাইল সায়ানাইড (A)-এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে প্রপানোয়িক অ্যাসিড (CH_3CH_2COOH) পাওয়া যায় ঃ

$$\underset{(A)}{CH_3CH_2CN} \xrightarrow{\text{আর্দ্র-বিশ্লেষণ}} \underset{\text{(B) প্রপানোয়িক অ্যাসিড}}{CH_3CH_2COOH}$$

∴ (B) যৌগটি প্রপানোয়িক অ্যাসিড (CH_3CH_2COOH)। প্রপানোয়িক অ্যাসিডের সোডালাইম পাতনে ইথেন (CH_3CH_3) উৎপন্ন হয়। (অবশ্য অন্যান্য হাইড্রোকার্বনও উৎপন্ন হয়)। সুতরাং (C) হাইড্রোকার্বনটি ইথেন ঃ

$$CH_3CH_2COOH\ (A) \xrightarrow[\text{পাতন}]{NaOH/CHO} CH_3CH_3\ (C)\ \text{ইথেন}$$

(3) ইথাইল সায়ানাইডের [(A)-এর] অনুঘটক জনিত হাইড্রোজেনেসনের ফলে n-প্রপাইল অ্যামিন (D) উৎপন্ন হয়। n-প্রপাইল অ্যামিন ($CH_3CH_2CH_2NH_2$) একটি মনোঅ্যাসিডিক বেস।

$$\underset{\text{(A) ইথাইল সায়ানাইড}}{CH_3CH_2CN} \xrightarrow{H_2/\text{অনুঘটক}} \underset{\text{(D) } n\text{-প্রপাইল অ্যামিন}}{CH_3CH_2CH_2NH_2}$$

n-প্রপাইল অ্যামিনের সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় n-প্রপাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় (অবশ্য অন্যান্য বিক্রিয়াজাতও উৎপন্ন হয়)।

$$\underset{n\text{-প্রপাইল অ্যামিন (D)}}{CH_3CH_2CH_2NH_2} \xrightarrow{HNO_2} \underset{n\text{-প্রপাইল অ্যালকোহল}}{CH_3CH_2CH_2OH} + N_2\uparrow$$

সুতরাং, $A = CH\ CH_2CN$ (ইথাইল সায়ানাইড বা সায়ানোইথেন) ;

$B = CH_3CH_2COOH$ (প্রপানোয়িক অ্যাসিড) ; $C = CH_3CH_3$ (ইথেন),

$D = CH_3CH_2CH_2NH_2$ (n-প্রপাইল অ্যামিন বা 1-অ্যামিনোপ্রপেন)।

18. নিজে কর ঃ একটি জৈব যৌগ (A)-এর (আণবিক সংকেত C_3H_7ON) আর্দ্র-বিশ্লেষণে একটি মনোবেসিক অ্যাসিড (B) পাওয়া যায় যাকে সোডালাইম দিয়ে পাতন করলে একটি হাইড্রোকার্বন (C) তৈরী হয়। (A)-কে অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনেসন করলে একটি মনোঅ্যাসিডিক বেস (D) পাওয়া যায়। (D) নাইট্রাস অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় n-প্রপাইল অ্যালকোহল তৈরী করে। (A), (B), (C) এবং (D) সনাক্ত কর। (উঃ $CH_3CH_2CONH_2$)

19. একটি এককারকীয় অ্যাসিডের দহন পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে ইহার 0·1 গ্রাম উৎপন্ন করে 0·2525 গ্রাম CO_2 এবং 0·432 গ্রাম H_2O। অ্যাসিডটির 0·122 গ্রাম 10 মি.লি. $\frac{N}{10}$ $Ba(OH)_2$ দ্রবণকে প্রশমিত করে। অ্যাসিডটির গঠন ও সংকেত কি? [Jt. Ent. '79]

[**উত্তর সংকেত ঃ** কার্বনের শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{12 \times 0{\cdot}2525 \times 100}{44 \times 0{\cdot}1} = 68{\cdot}8$

হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{2 \times 0{\cdot}0432 \times 100}{18 \times 0{\cdot}1} = 4{\cdot}8$

এবং অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ $= [100 - (68{\cdot}8 + 4{\cdot}8)] = 26{\cdot}4$

শতকরা পরিমাণ থেকে স্থূল সংকেত বার কর। স্থূল সংকেত হল $C_7H_6O_2$।

10 মি.লি. N/10 $Ba(OH)_2$ ≡ 0·122 গ্রাম অ্যাসিড

∴ 1000 মি.লি. N $Ba(OH)_2$ ≡ 0·122 × 1000 বা 122 গ্রাম অ্যাসিড

∴ অ্যাসিডটির তুল্যাংকভার 122 এবং যেহেতু অ্যাসিডটি এককারীয় সুতরাং এর আণবিক ওজনও 122।

এর থেকে আণবিক সংকেত দাঁড়ায় $C_7H_6H_2$ এবং অ্যাসিডটি C_6H_5COOH বা বেনজোয়িক অ্যাসিড (যেহেতু জৈব অ্যাসিডে COOH গ্রুপ বর্তমান)।

20. দুটি ভিন্ন মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল A ও B-এর সংযুতি একই রকম—C = 60%, H = 1·3%, O = 26·7%। দুটি যৌগকে গ্যাসীয় অবস্থায় পৃথক পৃথক ভাবে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করলে, একই যৌগ C উৎপন্ন হয় যা লঘু $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে। A, B এবং C-এর আণবিক গঠন লিখ এবং IUPAC নিয়ম অনুযায়ী ইহাদের নামকরণ কর।

গ্যাসীয় অবস্থায় A এবং B-কে পৃথক পৃথক ভাবে উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর চালনা করলে কি হবে? [H. S. '85]

[উত্তর সংকেত : স্থূল সংকেত C_3H_8O এবং যেহেতু দুটিই মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল তাই আণবিক সংকেতও C_3H_8O (কারণ আণবিক সংকেতে একটির বেশী অক্সিজেন পরমাণু থাকতে পারে না)।

অ্যালকোহল দুটি : $CH_3CH_2CH_2OH$ (1-প্রপানল) ও $CH_3CH(OH)CH_3$ (2-প্রপানল)।

$$\underset{\text{1-প্রপানল (A)}}{CH_3CH_2CH_2OH} \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত } Al_2O_3} \underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH=CH_2} \xleftarrow[Al_2O_3]{\text{উত্তপ্ত}} \underset{\text{2-প্রপানল (B)}}{CH_3CH(OH)CH_3}$$

$$\underset{\text{প্রপিন}}{CH_3CH=CH_2} \xrightarrow{KMnO_4 \text{ (পিঙ্ক)}} \underset{\text{প্রপেন-1, 2-ডাইঅল (বর্ণহীন)}}{CH_3CH(OH)\ CH_2OH}$$

$$CH_3CH_2CH_2OH\ (A) \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত } CuO} CH_3CH_2CHO \text{ (প্রপান্যাল)}$$

$$CH_3CH(OH)CH_3(B) \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত } CuO} CH_3COCH_3 \text{ (প্রপানোন)}$$

21. একটি জৈব তরল পদার্থের আণবিক সংকেত C_2H_6O। ইহা নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি দেয় :

(i) সোডিয়ামের ক্রিয়ায় ইহা হইতে হাইড্রোজেন নির্গত হয়।

(ii) আয়োডিন এবং ক্ষারের সহিত ক্রিয়ায় ইহা আয়োডোফর্ম গঠন করে।

(iii) অ্যাসিড মেশানো পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা ইহাকে জারিত করিলে একটি অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। এই অ্যালডিহাইড-এর আণবিক সংকেত C_2H_4O. যৌগটির নাম লেখ এবং বিক্রিয়াগুলির ব্যাখ্যা দাও।

[উত্তর সংকেত : $C_2H_6O \equiv \underset{\text{ইথানল}}{CH_3CH_2OH} \xrightarrow{Na} CH_3CH_2ONa + H_2$

$$\underset{\text{ইথান্যাল}}{CH_3CHO \equiv C_2H_4O} \xleftarrow{K_2Cr_2O_7/\overset{\oplus}{H}} \Big| \xrightarrow{I_2/\overset{\ominus}{OH}} \underset{\text{আয়োডোফর্ম}}{CHI_3}$$

22. একটি জৈব যৌগ (A)-এর সংযুতি এইরূপ—কার্বন 60%, হাইড্রোজেন 13·33%, অক্সিজেন 26·67%। গ্যাসীয় অবস্থায় 0·06 গ্রাম (A) প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 22·4 মি.লি. বায়ু প্রতিস্থাপিত করে। যৌগটি সোডিয়াম ধাতুর সঙ্গে সহজে বিক্রিয়া করে এবং মৃদু জারণে B নামক একটি যৌগে রূপান্তরিত হয় যা কেলাসাকার সেমিকার্বাজোন গঠন করে এবং আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। (A)-এর সম্ভাব্য গঠন যুক্তিসহ নির্ণয় কর।

(A)-এর সঙ্গে সমাবয়বী এমন দুটি যৌগের গঠনমূলক সংকেতসহ নাম লেখ। [J.E.E. '85]

[উত্তর সংকেত ঃ স্থূলসংকেত ও আণবিক সংকেত C_3H_8O ।

$$\underset{\text{(A) 2-প্রপানল}}{CH_3CH(OH)CH_3} \xrightarrow{\text{মৃদু জারণ}} \underset{\text{(B) অ্যাসিটোন}}{CH_3COCH_3} \xrightarrow{I_2/\text{ক্ষার}} CHI_3$$

$$CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{Na} CH_3CH(ONa)CH_3 + H_2$$

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{NH_2NHCONH_2} \underset{\text{সেমিকার্বাজোন}}{(CH_3)_2C{=}N.\ NH\ CONH_2}$$

সমাবয়বী যৌগ দুটি ঃ $CH_3CH_2CH_2OH$ (1-প্রপানল) ও $CH_3OC_2H_5$ (মিথোক্সিইথেন)

23. (i) (A) একটি জৈব তরল পদার্থ। (ii) (A)-কে জল সহযোগে ঝাঁকালে দুটি স্তর উৎপন্ন হয়—(A) নীচের স্তরে থাকে। (iii) (A)-কে অ্যানিলিন ও অ্যালকোহলীয় KOH সহযোগে উত্তপ্ত করলে দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হয়। (A)-কে সনাক্ত কর। [উঃ $CHCl_3$]

● পরিশিষ্ট—2

জৈব রসায়নের পাঠ্যসূচী আলোচনায় এবং প্রত্যেক অধ্যায়ের অনুশীলনীতে অনেক ধরনের প্রশ্ন উত্থাপন করা হয়েছে। এখানে সমগ্র পাঠ্যবিষয়ের উপর কিছু বিবিধ প্রশ্ন দেওয়া হল। এগুলি সমগ্র বিষয়ের উপর বিচারবুদ্ধি প্রয়োগ করার মাধ্যমে সম্যক জ্ঞানলাভের সহায়ক হবে। প্রথমে নিজে করার চেষ্টা করবে, তারপর বই দেখে করার চেষ্টা করবে, তারপরও না পারলে সমাধান দেখবে।

1. নীচের (i) থেকে (vi)-এর প্রতিটি অংশের জন্য A, B, C, D এবং E-এর যে কোন একটি সঠিক। সঠিক উত্তরটি বেছে নাও।

A — $CH_3\ CH_2\ NH_2$, B — $CH_3\ CONH_2$, C — $C_6H_5\ NO_2$,
D — $C_6H_5\ NH_2$, E — $C_6H_5\ N_2Cl$।

(i) কোন্‌টি শক্তিশালী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ?
(ii) কোন্‌টি লঘু HCl-এ দ্রবীভূত হয়, কিন্তু জলে দ্রবীভূত হয় না ?
(iii) কোন্‌টি জল, অ্যাসিড ও ক্ষারে অদ্রাব্য ?
(iv) কোন্‌টি Br_2/KOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে একটি কম কার্বন পরমাণুযুক্ত বিক্রিয়াজাত উৎপন্ন করে ?
(v) কোন্‌টি জলীয় NaOH সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত করে ?
(vi) কোন্‌টি 5° সে. উষ্ণতায় HNO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় N_2 নির্গত করে ?

2. নীচের যৌগগুলি পর্যালোচনা কর এবং পরবর্তী প্রশ্নগুলির উত্তর দাও ঃ

$C_2H_5OC_2H_5$, HCHO, C_6H_5OH, CH_3CH_3

(i) কোন্‌টি গাঢ় NaOH দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ?
(ii) কোন্‌টি গাঢ় H_2SO_4-এ দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণটিকে জল দিয়ে লঘু করলে আবার ফিরে পাওয়া যায় ?
(iii) কোন্‌টি 2, 4-ডাইনাইট্রোফিনাইল হাইড্রাজিনের সঙ্গে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ?
(iv) কোন্‌টি $FeCl_3$-এর সঙ্গে বেগুনী রং উৎপন্ন করে ?

3. নাম ও গঠনসহ উদাহরণ দাও ঃ

(i) একটি অসম্পৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বন যা একটিমাত্র মনোসোডিয়াম লবণ উৎপন্ন করে।
(ii) একটি অ্যালিফেটিক অ্যাসিড যার শক্তিশালী বিজারণ ধর্ম আছে।
(iii) ছয়টি কার্বন পরমাণুযুক্ত সম্পৃক্ত বলয়াকার যৌগ।

(iv) একটি বর্ণহীন গ্যাস অ্যামোনিয়াকাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে লাল অধঃক্ষেপ পড়ে।

(v) একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড যাকে ঠাণ্ডা করলে বরফের মত জমে যায়।

(vi) একটি অ্যালিফেটিক যৌগ যার জলীয় দ্রবণের আংশিক পাতন করে সম্পূর্ণ জল কখনই দূর করা যায় না।

(vii) একটি অ্যারোমেটিক যৌগ যার মধ্যে গাঢ় HCl যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং জল দিয়ে ঝাঁকালে অধঃক্ষেপটি দ্রবীভূত হয়ে স্বচ্ছ দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

(viii) একটি তরল পদার্থ যাকে জল দিয়ে ফোটালে শুধু অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(ix) দ্রাবক হিসাবে ফ্রিডেল-ক্র্যাফট বিক্রিয়ায় ব্যবহারের উপযুক্ত একটি অ্যারোমেটিক যৌগও একটি অ্যালিফেটিক যৌগ।

(x) একটি অ্যালকোহল যার জারণের দ্বারা ইথাইল মিথাইল কিটোন প্রস্তুত করা যায়।

(xi) একটি নরমাল জৈব ব্রোমো যৌগ যার সঙ্গে অ্যালকোহলীয় KOH-এর বিক্রিয়ায় প্রপিন উৎপন্ন হয়।

(xii) একটি অ্যালডিহাইড যা আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে।

(xiii) একটি অ্যারোমেটিক যৌগ যা নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে, কিন্তু $NaHCO_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(xiv) দুটি কার্বন পরমাণু যুক্ত একটি জৈব তরল যাকে জল দিয়ে ফোটালে একটি জৈব এবং একটি অজৈব অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(xv) ইথানলের একটি আইসোমার।

(xvi) আম্লিক ও তীব্র বিজারক এমন উভধর্মী জৈব যৌগ।

4. A, B, C তিনটি স্তম্ভের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধান (match) কর :

A বিক্রিয়ক	B বিকারক	C বিক্রিয়াজাত
(i) D_2O	(v) $NaNO_2/HCl$	(ix) $C_6H_5COCH_3$
(ii) $C_6H_5CONH_2$	(vi) $H_2SO_4/HClO_4$	(x) C_6H_5COOH
(iii) $C_6H_5C{\equiv}CH$	(vii) CH_3I	(xi) CH_3D
(iv) CH_3COOAg	(viii) CH_3MgBr	(xii) CH_3COCH_3

5. (a) নীচের যৌগগুলির মধ্যে কোন্ কোন্‌টি মাত্র দুটি সমাবয়বী মনোক্লোরোজাতক উৎপন্ন করে ?

(i) *n*-বিউটেন, (ii) বেনজিন, (iii) 2-মিথাইলপ্রপেন, (iv) 2, 4—ডাইমিথাইলপেন্টেন, (v) টলুইন।

(b) বিউটানলগুলির মধ্যে কোন্‌টি হ্যালোফর্ম পরীক্ষায় সাড়া দেয় ?

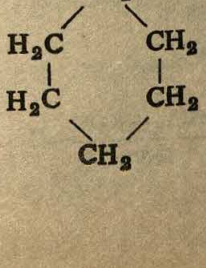
(c) নীচের যৌগগুলির নিরুদনের (drying) জন্য ব্যবহারযোগ্য বিকারকের নাম লেখ :

(i) ক্লোরোফর্ম, (ii) অ্যাসিটোন, (iii) বেনজিন, (iv) ইথাইল অ্যালকোহল।

উত্তর : 1. (i) → E, (ii) → D, (iii) → C, (iv) → B, (v) → B, (vi) → A

2. (i) HCHO, C_6H_5OH (ii) $C_2H_5OC_2H_5$ (iii) HCHO (iv) C_6H_5OH

3. (i) $CH_3C{\equiv}CH$ (মিথাইলঅ্যাসিটিলিন), (ii) HCOOH (ফরমিক অ্যাসিড),

(iii) 
(সাইক্লোহেক্সেন), (iv) $HC \equiv CH$ (অ্যাসিটিলিন)

(v) CH_3COOH (অ্যাসেটিক অ্যাসিড) (এইজন্য গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড বলে), (vi) C_2H_5OH (ইথানল), (vii) $C_6H_5NH_2$ (অ্যানিলিন), (vii) $(CH_3CO)_2O$ (অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড), (ix) $C_6H_5NO_2$ (নাইট্রোবেনজিন) ও CS_2 (কার্বন ডাইসালফাইড), (x) $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ (2-বিউটানল), (xi) $CH_3CH_2CH_2Br$ (n-প্রপাইলব্রোমাইড), (xii) CH_3CHO (অ্যাসিট্যালডিহাইড), (xiii) C_6H_5OH (ফেনল), (xiv) CH_3COCl (অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড), (xv) CH_3OCH_3 (ডাইমিথাইল ইথার), (xvi) HCOOH (ফরমিক অ্যাসিড) ।

4. i, viii, xi ; ii, v, x ; iii, vi, ix ; iv, vii, xii

5. (a) (i) এবং (iii) ; (b) $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ —কারণ হ্যালোজেন/অ্যালকালির সঙ্গে বিক্রিয়ার প্রথমে জারণের ফলে ইথাইল মিথাইল কিটোন উৎপন্ন করে। (C) (i) গলিত (fused) $CaCl_2$ বা অনার্দ্র (anhydrous) Na_2SO_4, (ii) অনার্দ্র K_2CO_3, (iii) ধাতব সোডিয়াম (iv) গলিত CaO ।]

● পরিশিষ্ট—3

মূল পাঠ্যসূচীতে প্রত্যেক অধ্যায়ে বিভিন্ন বিক্রিয়ার বিক্রিয়াজাত পদার্থ কি হবে এর বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে এবং প্রত্যেক অধ্যায়ের অনুশীলনীতে এই সংক্রান্ত প্রচুর প্রশ্ন দেওয়া হয়েছে। এখানে সমগ্র পাঠ্যসূচীভিত্তিক বিভিন্ন বিক্রিয়াতে মূল বিক্রিয়াজাত পদার্থ কি হবে প্রশ্নাকারে দেওয়া হল। প্রথমে নিজে উত্তর করার চেষ্টা করবে, তারপর বই দেখে করার চেষ্টা করবে, তারপরও না পারলে উত্তর দেখবে।

নীচের বিক্রিয়াগুলিতে মূল বিক্রিয়াজাত পদার্থ A, B, C, D ইত্যাদির সংকেত এবং নাম লেখ ঃ

(a) (1) $C_6H_6 \xrightarrow[50°—60°\text{সে.}]{\text{গাঢ় } HNO_3/\text{গাঢ় } H_2SO_4} A \xrightarrow{Sn+HCl} B \xrightarrow[0°\text{সে.}]{NaNO_2+\text{লঘু } HCl} C \xrightarrow[\text{তাপ}]{Cu_2Cl_2,\ HCl} D$

(2) $C_2H_5OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{লাল } P/I_2} E \xrightarrow[\text{তাপ}]{KCN} F \xrightarrow{H_2O,\ H^+} G$ (H.S. '87)

(3) $C_2H_5OH \xrightarrow{PCl_5} H \xrightarrow{AgNO_2} I \xrightarrow{Sn/HCl} J \xrightarrow{HNO_2} K \xrightarrow{\text{জারণ}} L$ (J.E.E. '85)

(4) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3COCl} M \xrightarrow{\text{জারণ}} N \xrightarrow{NH_3} O \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} P \xrightarrow{Br_2/KOH} Q$ (J.E.E. '85)

(5) $(CH_3CO)_2O \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3COOH+R$ (I.I.T. '86)

(6) $C_6H_5NH_2+C_6H_5COCl \xrightarrow{\text{ক্ষারক}} S$ (I.T.T. '86)

(7) $CH_3CH=CH_2 \xrightarrow{HBr} T \xrightarrow{KCN} U \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{H^+,\ H_2O} V$ (H.S. '86)

(8) $C_6H_5OH \xrightarrow[\text{পাতন}]{Zn \text{ চূর্ণ}} W \xrightarrow[60°\text{সে.}]{\text{ঘন } HNO_3/\text{ঘন } H_2SO_4} X \xrightarrow{Sn/HCl} Y \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CHCl_3+KOH} Z$ (H.S. '86)

(b) (1) $CH_3CONH_2 \xrightarrow{P_2O_5} A \xrightarrow{H^+, H_2O} B \xrightarrow{P_2O_5} C$ (J.E.E. '80)

(2) $C_2H_2 \xrightarrow[Hg^{2+}]{H_2O, H^+} D \xrightarrow[\text{বিজারণ}]{[H]} E$ (J.E.E. '83)

(3) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3COCl} F \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} G$ (H.S. '85)

(4) $C_2H_2 \xrightarrow[80^\circ\text{সে.}]{Hg^{2+}, 20\% H_2SO_4} H \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7^+} I$ (H.S. '85)

(5) $CH_3OH \xrightarrow{Na} J \xrightarrow{CH_3I} K$ (H.S. '78)

(6) $C_2H_5OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{লাল } P, I_2} L \xrightarrow[\text{তাপ}]{CH_3ONa} M$ (H.S. '87)

(7) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট $\xrightarrow{\text{পাতন}} N \xrightarrow[\text{হাইড্রোক্লোরাইড ও সোডিয়াম অ্যাসিটেট}]{\text{সেমিকার্বাজাইড}} O$ (H.S. '84)

(8) ইথাইল অ্যালকোহল $\xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7^+} P \xrightarrow[\text{লঘু } NaOH \text{ দ্রবণ}]{\text{ঠাণ্ডা}} Q$ (H.S. '84)

(9) $CH_3COOH \xrightarrow[\text{লবণ পাতন}]{\text{অ্যামোনিয়াম}} R \xrightarrow{Br_2 + NaOH} S \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CHCl_3 + NaOH} T$ (H.S. '84)

(10) $CH_3COOH \xrightarrow[\text{পাতন}]{Ca \text{ লবণ}} U \xrightarrow{I_2/NaOH} V$ (H.S. '84)

(11) $CH_3CONH_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{P_2O_5} W \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{H^+, H_2O} X$ (H.S. '84)

(12) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Ba(OH)_2} Y$ (H.S. '84)

(13) $CH_3COCH_3 \xrightarrow[CH_3COONa]{NH_2OH, HCl} Z$ (H.S. '78)

(c) (1) $CH_3C(=O)H \xrightarrow{NaHSO_3} A$ (H.S. '79)

(2) $CH_3CH_2OH \xrightarrow[180^\circ]{H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)}} B \xrightarrow{Br_2} C$ (H.S. '78)

(3) $CH_3COOH \xrightarrow{SOCl_2} D \xrightarrow{NH_3} E \xrightarrow[KOH]{Br_2/} E'$ (H.S. '80)

(4) $CH_2=CH_2 \xrightarrow{O_3} F$ (H.S. '79)

(5) $C_2H_5OH + PI_3 \longrightarrow G \xrightarrow{KCN} H \xrightarrow[\text{অ্যাসিড}]{H_2O} I$ (H.S. '80)

(6) $(CH_3)_2C=O \xrightarrow{H_2NNHC_6H_5.HCl} J$ (H.S. '79)

(7) $C_2H_5OH \xrightarrow{\text{জারণ}} K \xrightarrow{\text{জারণ}} L \xrightarrow[H_2SO_4]{C_2H_5OH} M$

(8) $CH_3CH_2OH \xrightarrow{PI_3} N \xrightarrow{NaCN} O \xrightarrow{H_2O, H^+} P$

$N \xrightarrow{AgCN} Q \xrightarrow{H_2O, H^\oplus} R$

(9) $CH_3COOH \xrightarrow{Ca(OH)_2} S \xrightarrow{\text{শুষ্ক পাতন}} T \xrightarrow[\text{অলকোহল}]{Na/} U$

$T \xrightarrow[\text{ঘন } HCl]{Zn/Hg} V$

(10) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow{Br_2\text{-জল}} W \xrightarrow{NaNO_2/HCl} X \xrightarrow{\text{জলতা, প}} Y \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn \text{ চূর্ণ}} Z$

(d) (1) $CH_3COOH \xrightarrow{PCl_3} A \xrightarrow{NH_3} B \xrightarrow{NaOCl} C$

$B \xrightarrow{P_2O_5} D \xrightarrow{H_2O,\, H^+} E$

(2) $CH_3OH \xrightarrow{\text{জারণ}} G \xrightarrow[\text{(ii) } HCl]{\text{(i) } 50\% KOH} H+I$

$I \xrightarrow{\text{(i) } PCl_5,\ \text{(ii) } NH_3} J$; $J \xrightarrow{-H_2O} K$

(3) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°\text{সে.}]{NaNO_2/H_2SO_4} L \xrightarrow[HCN]{CuCN} M \xrightarrow{H_2O,\, H^+} N$

(4) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°\text{সে.}]{NaNO_2/HCl} O \xrightarrow{H_2O,\ \text{তাপ}} P \xrightarrow{Br_2\text{—জল}} Q$

$Q \xrightarrow[\text{তাপ}]{Zn \text{ চূর্ণ}} R$

(5) $CH_3COOH \xrightarrow{NH_3} S \xrightarrow{P_2O_5,\ \text{তাপ}} T \xrightarrow{H_2/Ni} U$

(6) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3I} V \xrightarrow[\text{সূর্যালোক, স্ফুটন}]{Cl_2 \text{ (অতিরিক্ত)}} W \xrightarrow[\text{উত্তাপ (ii) } H^+]{\text{(i) } Ca(OH)_2} X$

$V \xrightarrow{Cl_2/Fe} Y+Z$

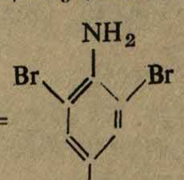
3 a) (1) $A=C_6H_5NO_2$ (নাইট্রোবেনজিন), $B=C_6H_5NH_2$ (অ্যানিলিন)—প্রকৃতপক্ষে $(C_6H_5NH_3)_2^+ SnCl_6^{2-}$ রূপে থাকে, $C=C_6H_5N_2{}^{\oplus}Cl^{\ominus}$ (বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড), $D=C_6H_5Cl$ (ক্লোরোবেনজিন) ; (2) $E=C_2H_5I$ (আয়োডোইথেন), $F=C_2H_5CN$ (সায়ানোইথেন), $G=C_2H_5COOH$ (প্রপানোয়িক অ্যাসিড) ; (3) $H=C_2H_5Cl$ (ক্লোরোইথেন), $I=C_2H_5NO_2$ (নাইট্রোইথেন)—ইথাইল নাইট্রাইট (C_2H_5ONO)-ও সঙ্গে উৎপন্ন হয়, $J=C_2H_5NH_2$ (অ্যামিনোইথেন)—লবণ হিসাবে থাকে, $K=C_2H_5OH$ (ইথানল), $L=CH_3COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড)—আংশিক জারণে CH_3CHO (অ্যাসিটালডিহাইড) উৎপন্ন হয় ; (4) $M=C_6H_5COCH_3$ (অ্যাসিটোফেনোন), $N=C_6H_5COOH$ (বেনজোয়িক অ্যাসিড), $O=C_6H_5COONH_4$ (অ্যামোনিয়াম বেনজোয়েট), $P=C_6H_5CONH_2$ (বেনজ্যামাইড), $Q=C_6H_5NH_2$ (অ্যানিলিন) ; (5) $R=CH_3COOC_2H_5$ (ইথাইল অ্যাসিটেট) ; (6) $S=C_6H_5NHCOC_6H_5$ (বেঞ্জ্যানিলাইড); (7) $T=CH_3CHBrCH_3$ (2-ব্রোমোপ্রপেন) ; $U=CH_3CH(CN)CH_3$ (2-সায়ানোপ্রপেন), $V=CH_3\underset{\substack{|\\ COOH}}{CH}-CH_3$ (2-মিথাইলপ্রপানোয়িক

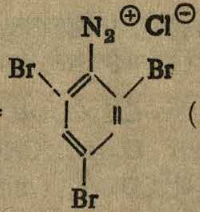
অ্যাসিড); (8) $W = C_6H_6$ (বেনজিন), $X = C_6H_5NO_2$ (নাইট্রোবেনজিন), $Y = C_6H_5NH_2$ (অ্যানিলিন)—লবণ হিসাবে থাকে, $Z = C_6H_5NC$ (ফিনাইল আইসোসায়ানাইড)।

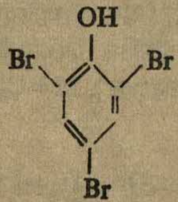
(b) (1) $A = CH_3CN$ (সায়ানোমিথেন), $B = CH_3COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড), $C = (CH_3CO)_2O$ (অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড); (2) $D = CH_3CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড), $E = CH_3CH_2OH$ (ইথানল); (3) $F = C_6H_5COCH_3$ (অ্যাসিটোফেনোন), $G = C_6H_5CH_2CH_3$ (ইথাইলবেনজিন) ; $H = CH_3CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড), $I = CH_3COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড) ; (5) $J = CH_3O^-Na^+$ (সোডিয়াম মিথোক্সাইড), $K = CH_3OCH_3$ (ডাইমিথাইল ইথার) ; (6) $L = C_2H_5I$ (আয়োডোইথেন), $M = C_2H_5OCH_3$ (মিথোক্সি-ইথেন); (7) $N = CH_3COCH_3$ (অ্যাসিটোন), $O = CH_3-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C} = N\ NHCONH_2$ (অ্যাসিটোন সেমিকার্বাজোন) ; (8) $P = CH_3CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড)—আংশিক জারণের ফলে উৎপন্ন হয়, $Q = CH_3CH(OH)\ CH_2CHO$ (অ্যালডল বা 3-হাইড্রক্সিবিউটান্যাল) ; (9) $R = CH_3CONH_2$ (অ্যাসিট্যামাইড), $S = CH_3NH_2$ (অ্যামিনোমিথেন), $T = CH_3NC$ (মিথাইল আইসোসায়ানাইড) ; (10) $U = CH_3COCH_3$ (অ্যাসিটোন); $V = CHI_3$ (আয়োডোফর্ম) ; (11) $W = CH_3CN$ (সায়ানোমিথেন), $X = CH_3COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড); (12) $Y = CH_3CH(OH)\ CH_2COCH_3$ (ডাইঅ্যাসিটোন অ্যালকোহল বা 4-হাইড্রক্সি-2-পেণ্টানোন ; (13) $Z = CH_3-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C} = NOH$ (অ্যাসিটোন অক্সিম)।

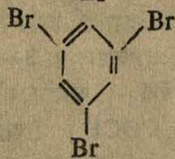
(c) (1) $A = CH_3-\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{C}-SO_3Na$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড বাইসালফাইট যুক্ত যৌগ) ; (2) $B = CH_2 = CH_2$ (ইথিলিন), $C = BrCH_2CH_2Br$ (1, 2-ডাইব্রোমোইথেন) ; (3) $D = CH_3COCl$ (অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড), $E = CH_3CONH_2$ (অ্যাসিট্যামাইড), $E' = CH_3NH_2$ (অ্যামিনোমিথেন) ; (4) $F = \underset{\underset{\displaystyle O\!-\!-\!-\!-O}{}}{CH_2-O-CH_2}$ (ইথিলিন ওজোনাইড) ;

(5) $G = C_2H_5I$ (আয়োডোইথেন) $H = C_2H_5CN$ (সায়ানোইথেন), $I = CH_3COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড) ; (6) $CH_3-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C} = N.NHC_6H_5$ (অ্যাসিটোন ফিনাইল হাইড্রাজোন) ; (7) $K = CH_3CHO$ (অ্যাসিট্যালডিহাইড), $L = CH_3COOH$ (অ্যাসিটিক অ্যাসিড), $M = CH_3COOC_2H_5$ (ইথাইল অ্যাসিটেট) ; (8) $N = CH_3CH_2I$ (আয়োডোইথেন), $O = CH_3CH_2CN$ (সায়ানোইথেন), $P = CH_3CH_2COOH$ (প্রপানোয়িক অ্যাসিড), $Q = C_2H_5NC$ (ইথাইল আইসোসায়ানাইড), $R = C_2H_5NH_2$ (ইথাইল অ্যামিন) ; (9) $S = (CH_3COO)_2Ca$ (ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট), $T = CH_3COCH_3$ (অ্যাসিটোন), $U = CH_3CH(OH)CH_3$ (2-প্রপানল), $V = CH_3CH_2CH_3$ (প্রপেন) ;

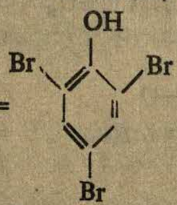
(10) W =  (2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিন),

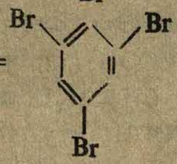
X =  (2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোবেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড),

Y =  (2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনল),

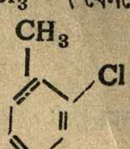
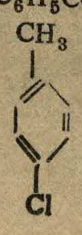
Z =  (1, 3, 5-ট্রাইব্রোমোবেনজিন) ।

(d) (i) A = CH_3COCl (অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড), B = CH_3CONH_2 (অ্যাসিট্যামাইড), C = CH_3NH_2 (অ্যামিনোমিথেন), D = CH_3CN (সায়ানোমিথেন), E = CH_3COOH (অ্যাসেটিক অ্যাসিড); (2) G = HCHO (ফরম্যালডিহাইড), H = CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল), I = HCOOH (ফরমিক অ্যাসিড), J = $HCONH_2$ (ফরম্যামাইড), K = HCN (হাইড্রোজেন সায়ানাইড); (3) L = $C_6H_5N_2^{\oplus}HSO_4^{\ominus}$ (বেনজিন ডায়াজোনিয়াম সালফেট), M = C_6H_5CN (ফিনাইল সায়ানাইড), N = C_6H_5COOH (বেনজোয়িক অ্যাসিড); (4) O = $C_6H_5N_2^{\oplus}Cl^{\ominus}$ (বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড), P = C_6H_5OH (ফেনল),

Q =  (2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোফেনল),

R =  (1, 3, 5-ট্রাইব্রোমোবেনজিন);

(5) S = CH_3COONH_4 (অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট), T = CH_3CONH_2 (অ্যাসিট্যামাইড), U = $CH_3CH_2NH_2$ (অ্যামিনোইথেন); (6) V = $C_6H_5CH_3$ (টলুইন), W = $C_6H_5CCl_3$ (বেনজোট্রাইক্লোরাইড), X = C_6H_5COOH (বেনজোয়িক অ্যাসিড),

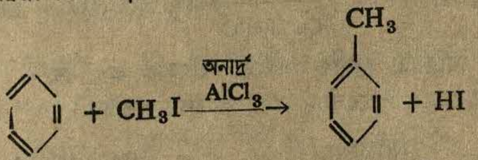
Y =  (o-ক্লোরোটলুইন), Z =  (p-ক্লোরোটলুইন) ।

● পরিশিষ্ট—4

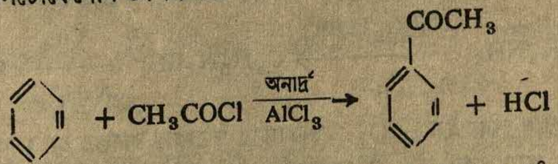
জৈব রসায়নে বিকারকের ব্যবহার : বিভিন্ন উপযুক্ত বিকারক উদ্ভাবন ও ব্যবহার জৈব রসায়নের একটি অতি গুরুত্বপূর্ণ গবেষণার অঙ্গ। একদিকে যেমন নতুন বিকারকের উদ্ভাবন হচ্ছে, অপরদিকে তেমনি পুরানো বিকারকের নতুন ব্যবহার খুঁজে বার করা হচ্ছে। তাই বিকারকগুলির সঠিক ব্যবহারের সঙ্গে পরিচিত হওয়া একান্ত প্রয়োজন। পাঠ্য বিষয়ের আলোচনায় বিকারকগুলির ব্যবহার উপযুক্ত ক্ষেত্রে দেওয়া হয়েছে। এখানে কিছু গুরুত্বপূর্ণ বিকারকের ব্যবহার একসঙ্গে সাজিয়ে দেওয়া হল। (পৃষ্ঠা নং জৈব রসায়ন অংশের)।

1. **অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড :** ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়ায় বেনজিন বলয়ের হাইড্রোজেন অ্যালকিল (অ্যালকিলেসন) অথবা অ্যাসাইল (অ্যাসাইলেসন) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ফ্রিডেল-ক্র্যাফটস অ্যালকিলেসন বা অ্যাসাইলেসন বিক্রিয়ায় সর্বোত্তম অনুঘটক হল অনার্দ্র $AlCl_3$। অনার্দ্র $AlCl_3$-এর লুইস অ্যাসিড ধর্মের জন্য এই বিক্রিয়ায় এটি অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে।

উদাহরণ : (1) বেনজিন অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে মিথাইল আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে টলুইন উৎপন্ন করে :



(2) বেনজিন অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটোফেনোন উৎপন্ন করে :



2. **আয়োডিন/ক্ষার :** আয়োডোফর্ম প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ক্ষার হিসাবে সাধারণত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যবহার করা হয়ে থাকে (পৃঃ 148)।

উদাহরণ : (1) ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয় :

$$CH_3CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH = CHI_3 + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

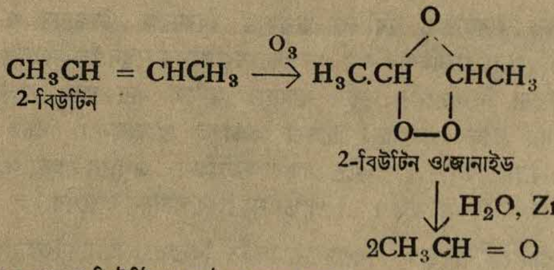
(2) অ্যাসিটোনের সঙ্গে আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা যায় :

$$CH_3COCH_3 + 3I_2 + 4NaOH = CHI_3 + 3NaI + CH_3COONa + 3H_2O$$

আয়োডিন/ক্ষার আয়োডোফর্ম বিক্রিয়াতে ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়া আয়োডোফর্ম প্রস্তুতি ছাড়াও কার্বনিল যৌগ থেকে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়।

3. **ওজোন :** ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় (পৃঃ 109)। অ্যালকিনের সঙ্গে ওজোনের বিক্রিয়ায় ওজোনাইড গঠন, ওজোনাইডের বিয়োজন এবং তার ফলে উৎপন্ন অ্যালডিহাইডে বা/এবং কিটোনের সনাক্তকরণ এই পুরো পদ্ধতিকে ওজোন-বিশ্লেষ বলে। ওজোন-বিশ্লেষ বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালকিনে কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধের স্থান নির্ণয় করা যায়, এবং কার্বনিল যৌগ প্রস্তুত করা যায়।

উদাহরণ ঃ (1) 2-বিউটিনের ওজোন-বিশ্লেষের ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।



এর থেকে 2-বিউটিনের গঠন জানা যায়।

(2) ওজোন জারক হিসাবেও ব্যবহৃত হয়।

4. কপার ঃ (1) ধাতব কপার বহু বিক্রিয়ায় অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ ঃ 300°সে. উষ্ণতায় কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে ইথানল বায়ু দ্বারা জারিত হয়ে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[Cu,\ 300^\circ C]{\text{বায়ু}} 2CH_3CHO + 2H_2O$$

(2) গ্যাটারম্যান বিক্রিয়ায় কপার পাউডার ব্যবহার করা হয়। এই বিক্রিয়ায় বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণের ডায়াজো গ্রুপ ব্রোমিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HBr} C_6H_5\overset{+}{N_2}\overset{-}{Br} \xrightarrow{Cu} C_6H_5Br$$

(3) ডায়াজো গ্রুপকে NO_2 গ্রুপে পরিবর্তিত করতে ব্যবহৃত হয় ঃ

$$C_6H_5NH_2 \xrightarrow{NaNO_2/HBF_4} C_6H_5\overset{\oplus}{N_2}\overset{\ominus}{BF_4} \xrightarrow[NaNO_2]{Cu} C_6H_5NO_2$$

5. কিউপ্রাস ক্লোরাইড ঃ (1) স্যান্ডমায়ার বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস ক্লোরাইড ব্যবহার করে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম লবণের ডায়াজো গ্রুপ ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়।

উদাহরণ ঃ অ্যানিলিন থেকে ক্লোরোবেনজিন প্রস্তুতি ঃ

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} \xrightarrow{NaNO_2/HCl} \underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl}} \xrightarrow{CuCl/HCl} \underset{\text{ক্লোরোবেনজিন}}{C_6H_5Cl}$$

(2) অ্যাসিটিলিন ও অ্যাসিটিলিনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু সনাক্তকরণে অ্যামোনিয়াকাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড ব্যবহার করা যায়। এর সাহায্যে অতি অল্প পরিমাণ অ্যাসিটিলিনের উপস্থিতিও নির্ণয় করা যায়—অ্যাসিটিলিন কিউপ্রাস অ্যাসিটাইলাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে ঃ

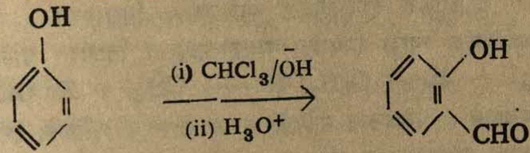
$$HC \equiv CH + Cu_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow \underset{\text{লাল অধঃক্ষেপ}}{CuC \equiv CCu\downarrow} + 2NH_4Cl$$

6. ক্লোরোফর্ম ঃ (1) ক্লোরোপিকরিন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। ক্লোরোফর্মের উপর গাঢ় HNO_3-এর ক্রিয়ায় ক্লোরোপিকরিন উৎপন্ন হয়।

$$CHCl_3 + HNO_3 \longrightarrow CCl_3NO_2 + H_2O$$

ক্লোরোপিকরিন কীটনাশক হিসাবে এবং কাঁদানে গ্যাসে ব্যবহৃত হয়।

(2) রাইমার টিমান বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।



স্যালিস্যালডিহাইড

(3) অ্যালিফেটিক বা অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো গ্রুপ সনাক্তকরণের জন্য আইসোসায়ানাইড বা কার্বিল্যামিন বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়ার দ্বারা আইসোসায়ানাইড যৌগ প্রস্তুত করাও হয়।

$$RNH_2 + CHCl_3 + 3KOH \longrightarrow RNC + 3KCl + 3H_2O$$

7. **জিংক :** (1) ডিহ্যালোজেনেশন বিক্রিয়ায় জিংকরজ (অ্যালকোহলের উপস্থিতিতে) ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ : ইথিলিন ক্লোরাইড বা ইথিলিন ব্রোমাইডের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ জিংকরজ সহ উত্তপ্ত করলে ইথিলিন উৎপন্ন হয় :

$$CH_2XCH_2X + Zn \longrightarrow C_2H_4 + ZnX_2 \quad [X = Cl, Br]$$

এইভাবে বিশুদ্ধ ইথিলিন পাওয়া যায়।

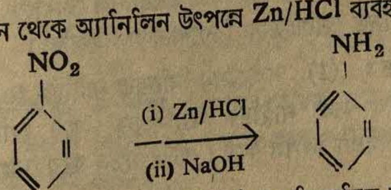
(2) **বিজারক হিসাবে :** (i) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের বিজারণে বিজারক হিসাবে Zn/CH_3COOH ব্যবহৃত হয় :

উদাহরণ : $RCHO \xrightarrow{Zn/CH_3COOH} RCH_2OH$

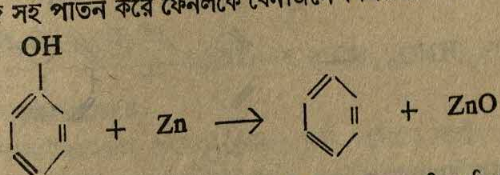
$$RCOR \xrightarrow{Zn/CH_3COOH} RCHOHR$$

(ii) নাইট্রোবেনজিন থেকে ফিনাইল হাইড্রক্সিল-অ্যামিন প্রস্তুতিতে Zn/NH_4Cl ব্যবহৃত হয় : $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Zn/NH_4Cl} C_6H_5NHOH$

(iii) নাইট্রোবেনজিন থেকে অ্যানিলিন উৎপন্নে Zn/HCl ব্যবহার করা যায় :



(iv) জিংকরজ সহ পাতন করে ফেনলকে বেনজিনে বিজারিত করা যায় :



জিংক-অ্যামালগাম : কার্বনিল গ্রুপকে মিথিলিন গ্রুপে বিজারিত করতে ক্লেমেনসেন বিজারণে ব্যবহৃত হয়। কার্বনিল যৌগকে জিংক-অ্যামালগাম/গাঢ় HCl দিয়ে বিক্রিয়ান্বিত করলে কার্বনিল গ্রুপ মিথিলিন গ্রুপে বিজারিত হয়—অ্যালডিহাইড ও কিটোন অ্যালকেনে বিজারিত হয়। অ্যাসিড মাধ্যমে কার্বনিল গ্রুপকে মিথিলিন গ্রুপে রূপান্তরের এটি একটি উত্তম বিক্রিয়া :

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{Zn/Hg\text{-}HCl} CH_3CH_2CH_3$$

8. জিঙ্ক-কপার কাপল ঃ বিজারকরূপে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ ঃ (1) অ্যালকিল হ্যালাইডের অ্যালকেনে বিজারণ। যেমন, জিঙ্ক-কপার কাপল ও ইথাইল অ্যালকোহল দ্বারা মিথাইল আয়োডাইডের বিজারণ ঘটিয়ে বিশুদ্ধ মিথেন প্রস্তুত হয় ঃ $CH_3I + Zn + C_2H_5OH \longrightarrow CH_4 + Zn(OC_2H_5)I$

9. টোলেন্স-বিকারক ঃ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ মিশিয়ে এবং উৎপন্ন অধঃক্ষেপকে যথাযথ পরিমাণ NH_3 দ্রবণে সঠিক দ্রবীভূত করলে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাকে টোলেন্স বিকারক বলে। এতে মুখ্যত $[Ag(NH_3)_2]^+OH^-$ থাকে।

(1) অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে পার্থক্য করতে টোলেন্স বিকারক ব্যবহৃত হয়। এই বিকারককে অ্যালডিহাইড বিজারিত করে ধাতব সিলভারের চকচকে আয়না উৎপন্ন করতে পারে, কিন্তু কিটোন এই বিকারককে বিজারিত করতে পারে না (ব্যতিক্রম α-হাইড্রক্সি কিটোন)। অ্যাসিট্যালডিহাইড টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে ধাতব সিলভারের চকচকে আয়না উৎপন্ন করে, নিজে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয় ঃ

$$CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]^+OH^- \longrightarrow CH_3COONH_4 + \underset{\text{রুপালী আয়না}}{2Ag\downarrow} + 3NH_3 + H_2O$$

অ্যাসিটোন টোলেন্স-বিকারককে বিজারিত করে না।

(2) **মুলিকেন-বার্কার পরীক্ষার** সাহায্যে NO_2 গ্রুপ সনাক্তকরণে টোলেন্স-বিকারক ব্যবহৃত হয়। নাইট্রো গ্রুপযুক্ত যৌগকে Zn/NH_4Cl দিয়ে বিজারিত করে মিশ্রণকে টোলেন্স বিকারকের মধ্যে ফিল্টার করলে ধাতব সিলভারের অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{জলীয় অ্যালকোহল}]{Zn/NH_4Cl} C_6H_5NHOH \xrightarrow[\text{বিকারক}]{\text{টোলেন্স}} Ag\downarrow$$

10. থায়োনিল ক্লোরাইড ঃ কার্বক্সিলিক অ্যাসিড থেকে অ্যাসিড ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে থায়োনিল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয় ঃ $RCOOH + SOCl_2 \longrightarrow RCOCl + SO_2 + HCl$

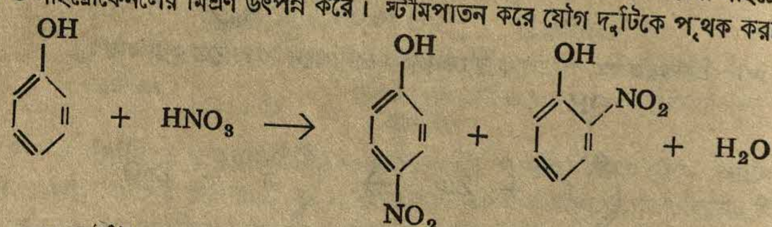
উদাহরণ ঃ (1) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে থায়োনিল ক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করলে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3COOH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3COCl + SO_2 + HCl$$

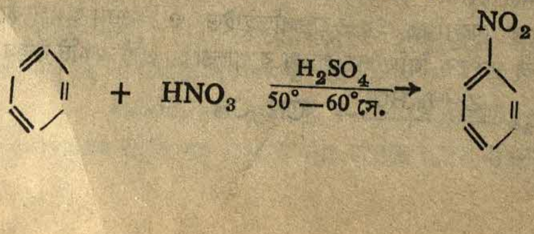
উৎপন্ন অপর দুটি বিক্রিয়াজাত গ্যাসীয় এবং থায়োনিল ক্লোরাইড অপেক্ষাকৃত কম স্ফুটনাঙ্ক-যুক্ত তরল হওয়ায় উৎপন্ন অ্যাসিড ক্লোরাইডকে বিশুদ্ধ করা সহজতর।

11. নাইট্রিক অ্যাসিড ঃ (1) নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ ঃ (i) ফেনল লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্যারা-নাইট্রোফেনল (মুখ্য) ও o-নাইট্রোফেনলের মিশ্রণ উৎপন্ন করে। স্টীমপাতন করে যৌগ দুটিকে পৃথক করা যায়।



(ii) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এই মিশ্রণের সঙ্গে বেনজিন বিক্রিয়া করে নাইট্রোবেনজিন উৎপন্ন করে ঃ



(২) নাইট্রিক অ্যাসিড জারক দ্রব্য রূপেও ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ : (1) অ্যাসিট্যালডিহাইড লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

$$CH_3CHO + [O] \xrightarrow{HNO_3} CH_3COOH$$

12. পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট :

এটি প্রধানত জারক দ্রব্য হিসাবে পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। যেমন,

1. সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ইথিলিনকে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে রূপান্তরিত করে।

$$CH_2 = CH_2 + K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{H_2SO_4} CO_2 + H_2O$$

2. ডাইক্রোমেট দ্বারা জারণের ফলে প্রথম ধাপে 1° অ্যালকোহলের CH_2OH গ্রুপ CHO-তে এবং পরবর্তী ধাপে CHO গ্রুপ COOH গ্রুপে পরিবর্তিত হয় : [পৃঃ 158]

$$RCH_2OH \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} RCHO \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} RCOOH$$

সুতরাং প্রাইমারী অ্যালকোহল থেকে অ্যালডিহাইড ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ : ইথানল থেকে অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় :

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} CH_3CHO \text{ (আংশিক জারণ)}$$

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7/} CH_3COOH$$

3. সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের জারণের ফলে প্রথম ধাপে **সমসংখ্যক** কার্বন পরমাণুযুক্ত কিটোন এবং পরবর্তী ধাপে **কমসংখ্যক** কার্বন পরমাণুযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যেমন,

$$CH_3CHOHCH_3 \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} CH_3COCH_3$$

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} CH_3COOH$$

(iii) টারসিয়ারী অ্যালকোহল আম্লিক মাধ্যমে জারিত হয়ে কিটোন ও কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন কিটোন ও কার্বক্সিলক অ্যাসিড উভয়েরই কার্বন সংখ্যা অ্যালকোহলটির কার্বন সংখ্যা থেকে **কম** থাকে।

$$(CH_3)_3OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H_2SO_4} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + CH_3COOH$$

13. পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট :

(1) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটও প্রধানত জারক দ্রব্য হিসাবে পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। কোন যৌগ আলাদাভাবে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা জারণের ফলে একই যৌগ বা দুটি পৃথক যৌগ উৎপন্ন করে।

(1) অ্যালকিন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত হলে গ্লাইকল উৎপন্ন করে। [পৃঃ 115]

$$3CH_2 = CH_2 + \underset{\text{(পিংক)}}{2KMnO_4} + 4H_2O \longrightarrow 3\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}}-\underset{OH}{\underset{|}{CH_2}} \text{ (বর্ণহীন)} + 2MnO_2 + 2KOH$$

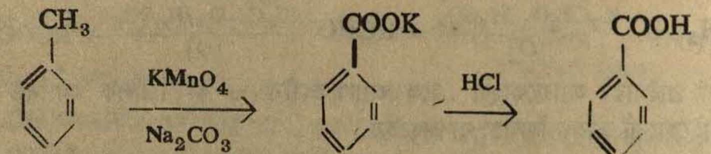
এই বিক্রিয়া কোন যৌগে ইথিলিনীয় দ্বি-বন্ধ সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়। কোন জৈব যৌগ লঘু $KMnO_4$ দ্রবণে যোগ করলে যদি পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের লালাভ-গোলাপী রং বর্ণহীন হয়ে যায়, তবে যৌগটিতে ইথিলিনীয় দ্বি-বন্ধ উপস্থিত বলে ধরা হয়।

(2) ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হলে অ্যাসিটিলিন, অক্সালিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$CH \equiv CH + KMnO_4 \xrightarrow{\bar{O}H} (COOH)_2$$

(3) 1°, 2° ও 3° অ্যালকোহল ক্ষারকীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করলে এবং $K_2Cr_2O_7$ দ্বারা জারিত করলে একই যৌগ উৎপন্ন করে [$K_2Cr_2O_7$-এর বিক্রিয়া দেখ]।

(4) পার্শ্বশাখা যুক্ত অ্যারোমেটিক যৌগকে জারিত করে পার্শ্বশাখা $-COOH$ গ্রুপে পরিবর্তিত করতে $KMnO_4$ ব্যবহৃত হয়। যেমন, টলুইনকে ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করে বেনজোয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়ঃ



টলুইন পটাসিয়াম বেনজোয়েট বেনজোয়িক অ্যাসিড

14. পটাসিয়াম সায়ানাইড ঃ

(1) নিম্নতর সমগণ থেকে উচ্চতর সমগণ প্রস্তুতিতে কার্বনযুক্ত কোন কার্যকরী গ্রুপ যোগ করার জন্য পটাসিয়াম সায়ানাইড ব্যবহার করা হয়। KCN-এর সাহায্যে জৈব যৌগে সায়ানো গ্রুপ প্রবেশ করানো হয়। সায়ানো গ্রুপকে অন্যান্য গ্রুপে পরিবর্তিত করা যায়।

(i) এই ভাবে মিথানল থেকে ইথানল প্রস্তুত করা হয়। [পৃঃ 187]

(ii) KCN দ্বারা অ্যালকোহল থেকে 1টি কার্বন পরমাণু বেশীযুক্ত কার্বক্সিলিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

$$RCH_2OH \xrightarrow{I_2/\text{লাল } P} RCH_2I \xrightarrow{KCN} RCH_2CN \xrightarrow{H_2O/H^+} RCH_2COOH$$

(2) সায়ানোহাইড্রিন প্রস্তুতিতে KCN ব্যবহার করা হয়ঃ অ্যালডিহাইড কিংবা কিটোনকে KCN-এর সাহায্যে সায়ানোহাইড্রিনে পরিবর্তিত করা যায়। সায়ানোহাইড্রিনকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করলে α-হাইড্রক্সি অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C{=}O + KCN \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OH\\CN\end{matrix} \xrightarrow[H^+]{H_2O} \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OH\\COOH\end{matrix}$$

(3) স্যান্ডামেয়ার বিক্রিয়ার বিশেষ প্রয়োগ করে বেনজিন বলয়ে $-CN$ গ্রুপ প্রবেশ করাতে KCN ব্যবহার করা হয়ঃ

$$\underset{\text{বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড}}{C_6H_5N_2^+Cl^-} + CuCN \xrightarrow[\text{জল}]{KCN} \underset{\text{বেনজোনাইট্রাইল}}{C_6H_5CN} + N_2 + CuCl$$

এই বিক্রিয়ায় ডায়াজো গ্রুপ সায়ানো গ্রুপ দিয়ে প্রতিস্থাপিত হয়।

15. ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ঃ

কয়েকটি নির্দিষ্ট কার্যকরী গ্রুপকে ক্লোরাইডে পরিণত করতে হলে এই দুটি বিকারক ব্যবহার করা হয়। যেমন,

(1) মিথানলের সঙ্গে PCl_5-এর বিক্রিয়ায় মিথাইল ক্লোরাইড, ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় অ্যালকিল হ্যালাইড প্রস্তুত হয়।

$$CH_3OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3Cl + POCl_3 + HCl$$

PCl_5-এর বদলে যদি PCl_3 ব্যবহার করা হয় তবে মিথাইল ক্লোরাইড ও ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $3CH_3OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3Cl + H_3PO_3$

(2) PCl_5 ও PCl_3 দিয়ে অ্যাসিড থেকে অ্যাসিড ক্লোরাইড তৈরি করা হয়—অ্যাসিড ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

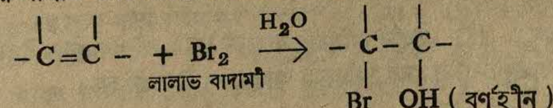
$$3RCOOH + PCl_3 \longrightarrow 3RCOCl + H_3PO_3$$
$$RCOOH + PCl_5 \longrightarrow RCOCl + HCl + POCl_3$$

16. ফেলিং বিকারক : ফেলিং বিকারক একটি মৃদু জারক। ফেলিং দ্রবণ A হল কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ। এর রঙ নীল। ফেলিং দ্রবণ B হল সোডিয়াম পটাসিয়াম টারট্রেট এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ। এটি বর্ণহীন। দুটি দ্রবণ সমআয়তনে মিশিয়ে নিলে গাঢ় নীল রঙের ফেলিং বিকারক উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণে অ্যালডিহাইড যোগ যোগ করে উত্তপ্ত করলে কিউপ্রাস অক্সাইডের লাল রঙের অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$2CuO + RCHO \longrightarrow RCOOH + Cu_2O\downarrow \text{ লাল অধঃক্ষেপ}$$

কিন্তু কিটোন ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে না (α-হাইড্রক্সিকিটোনও অবশ্য ফেলিং-দ্রবণকে বিজারিত করে)। ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে পরীক্ষাগারে অ্যালডিহাইড ও কিটোনের মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

17. ব্রোমিন-জল : (1) ব্রোমিন-জল জৈব যৌগে অ্যালিফেটিক অসম্পৃক্তির উপস্থিতি নির্ণয় করতে ব্যবহার করা হয়—অ্যালকিন ও অ্যালকাইন-এর সঙ্গে যুত যৌগ গঠন করার মাধ্যমে ব্রোমিন-জলের লালাভ বাদামী রং বর্ণহীন হয়ে যায় :



$$CH_2 = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{H_2O} CH_2Br\,CH_2OH$$

ইথিলিনীয় অসম্পৃক্তি নির্ণয়ের জন্য এটি একটি উত্তম পরীক্ষা।

(2) অ্যানিলিন ও ফেনল থেকে যথাক্রমে 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমোঅ্যানিলিন ও 2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো-ফেনল উৎপন্নের জন্যও Br_2-জল ব্যবহার করা হয়—উভয়ক্ষেত্রেই সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। বিক্রিয়া দুটি অ্যানিলিন ও ফেনলের অন্যতম সনাক্তকরণ-পরীক্ষা হিসাবেও ব্যবহৃত হয়। (সমীকরণের জন্য 375 ও 386 পৃষ্ঠা দেখ)।

18. লাল ফসফরাস : (1) হ্যালোজেনের সঙ্গে লাল ফসফরাস ব্যবহার করে অ্যালকোহল থেকে অ্যালকিল হ্যালাইড—বিশেষত অ্যালকিল ব্রোমাইড ও আয়োডাইড প্রস্তুত করা হয়। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহলের সঙ্গে লাল P ও ব্রোমিন বা আয়োডিনের বিক্রিয়ায় ইথাইল ব্রোমাইড বা আয়োডাইড উৎপন্ন হয় : $2P + 3X_2 = 2PX_3$ [X = Br, I]

$$3CH_3CH_2OH + PX_3 = 3CH_3CH_2X + H_3PO_3$$

(2) হেল-ভলহার্ড-জেলেনস্কি বিক্রিয়ায় কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সঙ্গে অল্প পরিমাণ লাল ফসফরাসের উপস্থিতিতে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়া ঘটালে α-ক্লোরো বা α-ব্রোমোকার্বক্সিলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$RH_2COOH \xrightarrow{\text{লাল } P/X_2} RCHXCOOH \qquad [X = Cl \text{ বা } Br]$$

19. সালফিউরিক অ্যাসিড : (1) **অ্যাসিড অনুঘটক হিসাবে :** এস্টার হাইড্রোলিসিস বিক্রিয়ায় H_2SO_4 অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করা যায় :

$$RCOOR \xrightarrow[H_2O]{H_2SO_4} RCOOH + R'OH$$

এস্টারিফিকেসন বিক্রিয়ায় অ্যাসিড অনুঘটক ও নিরুদকরূপে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয় :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow[\text{গাঢ়}]{H_2SO_4} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

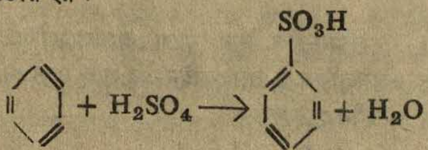
(2) **নিরুদক হিসাবে :** অ্যালকোহলকে অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যালকিল তৈরি হয়। যেমন,

$$\underset{H\quad\;\; OH}{\overset{CH_2 - CH_2}{|\qquad\;\; |}} \xrightarrow[170^\circ C]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

(3) অ্যাসিটিলিনকে মারকিউরিক সালফেটের উপস্থিতিতে 60°—80°C উষ্ণতায় 20% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে দিয়ে চালনা করলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় :

$$CH \equiv CH \xrightarrow[H_2SO_4]{Hg^{2+}} [H_2C = CHOH] \rightarrow CH_3CHO$$

(4) সালফোনেসন বিক্রিয়ায় : বেনজিনের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় বেনজিন সালফোনিক অ্যাসিড তৈরি হয়।



20. ধাতব সোডিয়াম : (1) উর্ৎস বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়ায় ইথারীয় মাধ্যমে অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে ধাতব সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

উদাহরণ : $2\,CH_3I + 2Na \xrightarrow{\text{ইথার}} CH_3{-}CH_3 + 2NaI$

(2) উর্ৎস-ফিটিগ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। এই বিক্রিয়ায় ইথারীয় দ্রবণে অ্যারিল হ্যালাইড এবং সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় বেনজিনের সমগণ উৎপন্ন হয়।

উদাহরণ : $C_6H_5Br + 2Na + CH_3Br \xrightarrow{\text{ইথার}} C_6H_5CH_3 + 2NaBr$

(3) সোডিয়াম বিজারক রূপেও ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ : $CH_3CHO \xrightarrow{Na/Hg\text{-}H_2O} CH_3CH_2OH$

(4) জৈব যৌগে নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন সনাক্তকরণে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়।

21. সোডিয়াম নাইট্রাইট : (1) সোডিয়াম নাইট্রাইট ডায়াজো বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (বা অন্য উপযুক্ত অ্যাসিড) মেশালে নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রাস অ্যাসিড উপযুক্ত অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যারোমেটিক প্রাইমারী অ্যামিনো যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যারোমেটিক ডায়াজোনিয়াম যৌগ উৎপন্ন করে। উদাহরণ :

$$NaNO_2 + HCl \longrightarrow NaCl + HNO_2$$

$$C_6H_5NH_2 + HNO_2 + HCl \longrightarrow C_6H_5N_2^+Cl^- + 2H_2O$$

(2) লিবারম্যান বিক্রিয়ায় সোডিয়াম নাইট্রাইট ব্যবহৃত হয়। (পৃঃ 389 দেখ)।

● পরিশিষ্ট—5

পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা : জৈব রসায়ন অংশে প্রায় প্রতিটি অধ্যায়ের শেষেই বিভিন্ন জৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা দেওয়া হয়েছে। এখানে সমগ্র পাঠ্যসূচী ভিত্তিক বিভিন্ন জৈব যৌগের মধ্যে কিছু পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা দেওয়া হল। এমন যৌগগুলি এখানে নেওয়া হয়েছে যাতে সমগ্র পাঠ্যসূচীর জ্ঞান এবং উন্নত চিন্তাধারা প্রয়োগ করা যায়। প্রথমে অবশ্যই নিজে ভেবে করার চেষ্টা করবে।

কিভাবে পরীক্ষার দ্বারা পার্থক্য করবে ?

(1) অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড ও প্যারাক্লোরোঅ্যানিলিন, (2) মেটাক্লোরোটলুইন ও বেনজাইলক্লোরাইড, (3) বেনজিন ও নাইট্রোবেনজিন, (4) CH_3CH_2CHO ও CH_3CHO, (5) $(CH_3)_3COH$ ও $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$, (6) $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ ও $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$, (7) CH_3CH_2CHO ও CH_3COCH_3, (8) $C_6H_5CONH_2$ (বেনজ্যামাইড) ও $C_6H_5NHCOCH_3$ (অ্যাসিট্যানিলাইড), (9) $(CH_3)_3COH$ ও $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$, (10) C_6H_5CN ও $C_6H_5NH_2$, (11) $C_6H_5NH_2$ ও $C_6H_5CH_2NH_2$, (12) $CH_3CH_2CH_2OH$ ও CH_3CH_2OH, (13) ইথাইল অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, (14) অ্যাসিট্যামাইড ও বেনজ্যামাইড, (15) ক্লোরোফর্ম ও অ্যানিলিন।

সংক্ষিপ্ত উত্তর :

1. **অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড ও প্যারাক্লোরোঅ্যানিলিন :** (i) অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড ($C_6H_5\overset{+}{N}H_3\overset{-}{Cl}$) আয়নীয় যৌগ এবং জলে দ্রাব্য—জলীয় দ্রবণে Cl^- আয়ন উৎপন্ন হয়। সুতরাং অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে যা জলীয় অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে যায়। অপরপক্ষে, প্যারাক্লোরোঅ্যানিলিন সমযোজী যৌগ—জলে দ্রবীভূত হয় না এবং Cl^- আয়নও উৎপন্ন করে না। ফলে $AgNO_3$-এর সঙ্গে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে না। (ii) অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করে শীতল জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করলেই ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠিত হয় (কারণ লবণটি থেকে জলীয় দ্রবণেই প্রয়োজনীয় HCl উৎপন্ন হয়) এবং এই দ্রবণ বিটা-ন্যাপথলের সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে যোগ করলে লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে, বাইরের থেকে অ্যাসিড যোগ না করলে প্যারাক্লোরোঅ্যানিলিন ডায়াজোনিয়াম লবণ গঠন করে না। প্যারাক্লোরোঅ্যানিলিনকে HCl-এ দ্রবীভূত করে সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করার পর উৎপন্ন দ্রবণ বিটা-ন্যাপথলের NaOH দ্রবণে ঢাললে লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয়।

2. **মেটাক্লোরোটলুইন ও বেনজাইলক্লোরাইড :** বেনজাইলক্লোরাইডে ($C_6H_5CH_2Cl$) ক্লোরিন বেনজাইল গ্রুপের সঙ্গে যুক্ত আছে তাই এই ক্লোরিনে আংশিক আয়নীয় চরিত্র দেখা যায়। অ্যালকোহলীয় সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বেনজাইল ক্লোরাইড সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে যা জলীয় অ্যামোনিয়া দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে যায়। অপরপক্ষে, মেটা ক্লোরোটলুইনে ক্লোরিন বেনজিন বলয়ের সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং মূলত সমযোজী। তাই অ্যালকোহলীয় সিলভার নাইট্রাইটের সঙ্গে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে না।

3. **বেনজিন ও নাইট্রোবেনজিন :** নাইট্রোবেনজিনকে Sn/HCl দ্বারা বিজারিত করে ($C_6H_5NH_2$-তে বিজারিত হয়) শীতল অবস্থায় সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করে উৎপন্ন দ্রবণ বিটা-ন্যাপথলের NaOH দ্রবণে ঢাললে লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে, বেনজিন এই পরীক্ষায় অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে না।

4. **CH_3CH_2CHO ও CH_3CHO :** অ্যাসিট্যালডিহাইড I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হলুদ বর্ণের কঠিন আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে (CH_3CO গ্রুপ বর্তমান)। অপরপক্ষে, প্রপান্যাল এই পরীক্ষায় আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না।

5. $(CH_3)_3COH$ ও $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$: টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল একটি 3° অ্যালকোহল এবং *n*-বিউটাইল অ্যালকোহল একটি 1° অ্যালকোহল। লুকাস পরীক্ষার (Lucas Test) সাহায্যে এদের মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

[**লুকাস পরীক্ষা :** অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডযুক্ত গাঢ় HCl-এর মধ্যে যোগ করে ঝাঁকালে (i) 3° অ্যালকোহল দ্রুত অদ্রাব্য 3° অ্যালকিল ক্লোরাইড গঠন করে—ফলে দ্রবণ প্রায় সঙ্গে সঙ্গে ঘোলাটে হয়ে যায়, (ii) 2° অ্যালকোহল কিছুটা ধীরে অদ্রাব্য 2° অ্যালকিল ক্লোরাইড গঠন করে—ফলে পাঁচ মিনিটের মধ্যে দ্রবণ ঘোলাটে হয়ে যায়, (iii) 1° অ্যালকোহল সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে না বললেই চলে—উত্তপ্ত করলে মাত্র দ্রবণ ঘোলাটে হয়।]

অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডযুক্ত গাঢ় HCl দ্রবণে অল্প পরিমাণ টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল যোগ করে ঝাঁকালে প্রায় তৎক্ষণাৎ দ্রবণ ঘোলাটে হয়ে যায়। অপরপক্ষে, *n*-বিউটাইল অ্যালকোহল এই বিক্রিয়ায় সাধারণ উষ্ণতায় অংশ গ্রহণ করে না।

6. $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ ও $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$: (i) 2-বিউটানল, I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে আয়োডোফর্মের হলুদ রং-এর কেলাস গঠন করে (কারণ উপস্থিত $CH_3CH(OH)$ গ্রুপ পরীক্ষাকালীন অবস্থায় প্রথমে CH_3CO গ্রুপে রূপান্তরিত হয়) অপরপক্ষে, 1-বিউটানলে CH_3CO গ্রুপ বা পরীক্ষাকালীন অবস্থায় CH_3CO-তে রূপান্তরযোগ্য কোন গ্রুপ না থাকায় I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম গঠন করে না। (ii) যৌগ দুটির মধ্যে লুকাসপরীক্ষার সাহায্যে পার্থক্য করা যায় (উপরে দেখ)।

7. CH_3CH_2CHO ও CH_3COCH_3 : অ্যাসিটোন ফেলিং দ্রবণ বা টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে না, কিন্তু CH_3CO গ্রুপ থাকায় I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্মের হলুদ কেলাস গঠন করে। অপরপক্ষে, প্রপান্যালে CHO গ্রুপ থাকায় এটি ফেলিং দ্রবণকে লাল Cu_2O-তে বিজারিত করে, টোলেন্স বিকারককে বিজারিত করে রূপোলী আয়না গঠন করে কিন্তু CH_3CO গ্রুপ বা পরীক্ষাকালীন অবস্থায় CH_3CO গ্রুপে রূপান্তরযোগ্য কোন গ্রুপ না থাকায় আয়োডোফর্ম গঠন করে না।

8. বেনজ্যামাইড ($C_6H_5ONH_2$) ও অ্যাসিট্যানিলাইড ($C_6H_5NHCOCH_3$) : বেনজ্যামাইডকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ উত্তপ্ত করলে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধযুক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত করে : $C_6H_5CONH_2 + NaOH \longrightarrow C_6H_5COONa + NH_3$ ।

কিন্তু একে অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষণ করে $NaNO_2$ দ্রবণ যোগ করার পর উৎপন্ন দ্রবণ বিটা-ন্যাপথলের NaOH দ্রবণে ঢাললে লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে না। অপরপক্ষে, অ্যাসিট্যানিলাইডকে NaOH সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয় না। কিন্তু একে লঘু HCl দিয়ে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করার পর শীতল করে শীতল দ্রবণে $NaNO_2$ দ্রবণ যোগ করে উৎপন্ন দ্রবণ বিটা-ন্যাপথলের NaOH দ্রবণে যোগ করলে লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5NHCOCH_3 \xrightarrow[H_2O]{HCl} C_6H_5NH_3^{\oplus}Cl^{\ominus} + CH_3COOH$$

$$\downarrow \text{(i) } NaNO_2 \quad \text{(ii) ক্ষারীয় বিটা-ন্যাপথল}$$

লাল অ্যাজোরঞ্জক

9. $(CH_3)_3COH$ ও $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$: (i) **লুকাস পরীক্ষা দ্বারা :** অনার্দ্র জিংক ক্লোরাইডযুক্ত গাঢ় HCl দ্রবণে টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল যোগ করে ঝাঁকালে প্রায় সঙ্গে সঙ্গে ঘোলাটে হয়ে যায়। অপরপক্ষে, 2-বিউটানলের ক্ষেত্রে এই পরীক্ষায় সঙ্গে সঙ্গে ঘোলাটে হয় না, কিন্তু পাঁচ মিনিটের মধ্যেই ঘোলাটে হয়ে যায়।

(ii) **আয়োডোফর্ম পরীক্ষা :** I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় টারসিয়ারী বিউটাইল অ্যালকোহল আয়োডোফর্ম গঠন করে না, কিন্তু 2-বিউটানল আয়োডোফর্ম গঠন করে।

10. সায়ানোবেনজিন (C_6H_5CN) ও অ্যানিলিন ($C_6H_5NH_2$)ঃ সায়ানোবেনজিন অ্যাজোরঞ্জক পরীক্ষায় সাড়া দেয় না, কিন্তু NaOH সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত করে। তরল ফিনাইল সায়ানাইডে (অর্থাৎ সায়ানোবেনজিনে) H_2O_2/NaOH যোগ করে অল্প উত্তপ্ত করলে বেনজামাইড উৎপন্নের জন্য সাদা রং-এর কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে, অ্যানিলিন অ্যাজোরঞ্জক পরীক্ষায় লাল রং-এর অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে, কিন্তু NaOH সহ উত্তপ্ত করলে NH_3 নির্গত করে না বা তরল অ্যানিলিনে H_2O_2/NaOH যোগ করে উত্তপ্ত করলে সাদা কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয় না।

11. অ্যানিলিন ($C_6H_5NH_2$) ও বেনজাইল অ্যামিন ($C_6H_5NH_2$)ঃ অ্যানিলিনে অ্যারোমেটিক —NH_2 গ্রুপ আছে, তাই অ্যানিলিন অ্যাজোরঞ্জক পরীক্ষায় লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে। অপরপক্ষে, বেনজাইল অ্যামিনে অ্যালিফেটিক —NH_2 গ্রুপ উপস্থিত, তাই বেনজাইল অ্যামিন অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে না। কিন্তু বেনজাইল অ্যামিনে HCl/$NaNO_2$ যোগ করলে নাইট্রোজেন উৎপত্তির জন্য দ্রুত বুদ্‌বুদ্‌ নির্গত হয়।

12. $CH_3CH_2CH_2OH$ ও CH_3CH_2OHঃ 1-প্রপানলে CH_3CO গ্রুপ বা CH_3CO-তে রূপান্তরযোগ্য কোন গ্রুপ নাই, তাই এটি আয়োডোফর্ম গঠন করে না। কিন্তু ইথানল I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হলুদ বর্ণের আয়োডোফর্মের কেলাস গঠন করে।

13. ইথাইল অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডঃ ইথাইল অ্যাসিটেটকে NaOH দ্রবণ দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। এই ইথাইল অ্যালকোহল পাতিত করে I_2/NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে আয়োডোফর্ম গঠিত হয়। কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে শুধু অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—পাতিতাংশ আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে না।

14. অ্যাসিট্যামাইড ও বেনজ্যামাইডঃ অ্যাসিট্যামাইডকে NaOH সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। দ্রবণকে HCl দিয়ে অম্লায়িত করলে জলে দ্রবণীয় অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, তাই কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না। অপরপক্ষে, বেনজ্যামাইডকে NaOH সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয় এবং সোডিয়াম বেনজোয়েট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম বেনজোয়েট দ্রবণকে (প্রয়োজন হলে জলে দ্রবীভূত করে নিয়ে) HCl দিয়ে অম্লায়িত করলে বেনজোয়িক অ্যাসিডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে।

15. ক্লোরোফর্ম ও অ্যানিলিনঃ (1) ক্লোরোফর্ম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য, লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে না, ফেলিং দ্রবণকে লাল Cu_2O-এ বিজারিত করে এবং **অ্যানিলিন** ও অ্যালকোহলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে ফিনাইল আইসোসায়ানাইড উৎপত্তিজনিত উৎকট গন্ধ নির্গত করে। অপরপক্ষে, অ্যানিলিন HCl-এ দ্রবীভূত হয়, লাল অ্যাজোরঞ্জক উৎপন্ন করে, ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে না এবং **ক্লোরোফর্ম** ও অ্যালকোহলীয় KOH সহ উত্তপ্ত করলে ফিনাইল আইসোসায়ানাইড উৎপত্তিজনিত উৎকট গন্ধ নির্গত করে।

বর্ণানুক্রমিক সূচী

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1984

CHEMISTRY (Second Paper)

Group—A

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

1. (a) পারমাণবিক গুরুত্ব ও ভরসংখ্যার সংজ্ঞা দাও।

(b) ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব ভগ্নাংশ কেন ব্যাখ্যা কর।

(c) একটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব 207। এই মৌলটির দুইটি সমস্থানিক (Isotopes) আছে যাহাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 206 এবং 208। এই মৌলটিতে শতকরা কয়টি পরমাণুর ভরসংখ্যা 208 তাহা নির্ণয় কর।

(d) একটি পরমাণুর বেশীর ভাগ স্থানই শূন্য। ইহার কেন্দ্র খুব কম অংশ দখল করে এবং এই কেন্দ্রই পজিটিভ চার্জের আধান। এই তথ্যগুলি রাদারফোর্ড কিভাবে প্রমাণ করেন তাহা ব্যাখ্যা কর।

(e) ${}_{89}X^{227}$ একটি তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে কতকগুলি আলফা কণা ও কতকগুলি বীটা কণা নিষ্ক্রান্ত হওয়ার ফলে ${}_{82}Z^{207}$ একটি অতেজস্ক্রিয় মৌলের উৎপত্তি হইল। এই তেজস্ক্রিয় ভাঙনে কতগুলি আলফা কণা ও কতগুলি বীটা কণা উৎক্ষিপ্ত হইল?

2. (a) কেলাস জলের সংজ্ঞা দাও।

(b) $Na_2CO_3.\ 10H_2O$ কেলাস বাতাসের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে কেলাস জল আংশিক পরিত্যাগ করিয়া $Na_2CO_3.\ H_2O$-এ পরিবর্তিত হয়। এই প্রক্রিয়ার সাধারণ নাম লেখ এবং এই প্রক্রিয়া কিভাবে ঘটে বুঝিয়ে লেখ।

(c) যথাক্রমে 9, 13 এবং 17 পরমাণুক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট A, B ও C এই তিনটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা বেশী ইলেকট্রোপজিটিভ এবং কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা বেশী ইলেকট্রোনেগেটিভ তাহা উল্লেখ কর।

(d) 25°C উষ্ণতায় 50 গ্রাম ওজনের KNO_3 এর সম্পৃক্ত দ্রবণে 21 গ্রাম KNO_3 লবণ দ্রবীভূত আছে। 25°C উষ্ণতায় KNO_3 এর দ্রবণীয়তা নির্ণয় কর।

3 (a) কারণ দেখাও:

(i) কপার ও জিঙ্ক ঘটিত লবণের অ্যাসিড মিশ্রিত জলীয় দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করিলে CuS অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

(ii) অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িৎ পরিবহণ করে না কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য।

(b) একটি কলয়ডিয় দ্রবণ ও একটি প্রকৃত দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

(c) 1 গ্রাম আর্দ্র কপার সালফেটকে উত্তপ্ত করিলে 0·6393 গ্রাম শুষ্ক কপার সালফেট পাওয়া যায়। প্রতি অণু কপার সালফেটের সহিত কয়টি কেলাস জল অণু যুক্ত আছে তাহা নির্ণয় কর।

[Cu=63·5, S=32, O=16]

4. (a) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বিবৃত কর।

(b) 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন হবে নির্ণয় কর (হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব)। এই একই পরিমাণ তড়িৎ $AgNO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করিলে কত পরিমাণ সিলভার জমা হবে? [Ag=108]

(c) এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে উৎপন্ন করিতে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন হয়, তাহাই এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন বহন করে। ইহা হইতে একটি হাইড্রোজেন আয়ন কি পরিমাণ তড়িৎ বহন করে নির্ণয় কর।

(d) একই পরিমাণ তড়িৎ অ্যাসিড মিশ্রিত জল ও X চিহ্নিত একটি ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে চালনা করা হইলে প্রথম ক্ষেত্রে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 7·4 লিটার হাইড্রোজেন এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 21 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হইল। ধাতব মৌলটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

Group—B

(যে কোন **দুইটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।)

5. (a) নিম্নে উল্লিখিত ধাতু নিষ্কাশন পদ্ধতিগুলির প্রত্যেকটির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। প্রত্যেকটি পদ্ধতির একটি করে উদাহরণ দিতে হবে।

(i) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি। (ii) তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি। (iii) স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি।

(b) উপাদানসমূহের নাম উল্লেখ করিয়া একটি ধাতু সংকরের নাম লেখ।

6. হিমাটাইট হইতে মারুত চুল্লীর সাহায্যে কাস্ট আয়রন প্রস্তুতির বিষয়ে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি পরিবেশন কর ঃ

(i) পদ্ধতিতে ব্যবহৃত মুখ্য কাঁচামালগুলির নাম। (ii) প্রত্যেকটি কাঁচামালের ভূমিকা। (iii) ব্যবহৃত বাতাসের ভূমিকা। (iv) আয়রন নিষ্কাশনকারী বিক্রিয়াসমূহ। (v) নিষ্কাশিত লৌহের সংগ্রহ। (vi) দুইটি উপজাত পদার্থের নাম ও ব্যবহার।

7. সমীকরণ সহ কি ঘটে বিবৃত কর ঃ (যে কোন পাঁচটি)

(a) লোহিত তপ্ত লৌহ চূর্ণের উপর বাষ্প চালনা করা হইল। (b) চুনের জলে প্রথম অল্প পরিমাণে ও পরে অধিক পরিমাণে SO_2 গ্যাস চালনা করা হইল। (c) কপার সালফেট দ্রবণে একটি লোহার ছুরি প্রবেশ করান হইল। (d) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করা হইল। (e) কঠিন সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে উত্তপ্ত করা হইল। (f) ফেরাস সালফেটকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল।

Group—C

(যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।)

8. (a) ইথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলীন-এর অণুগুলিতে যথাক্রমে হাইড্রোজেন—কার্বন—কার্বন কোণগুলির মান লেখ।

(b) নিম্নলিখিত যৌগগুলির গঠন সংকেত এবং I.U.P.A.C. পদ্ধতিতে ইহাদের নাম লেখ।

(i) টারসিয়ারি বিউটাইল অ্যালকোহল, (ii) আইসোবিউটেন।

(c) অ্যালকোহল জাতীয় হাইড্রক্সিল মূলক সমন্বিত একটি জৈব যৌগ অংশ গ্রহণ করে এইরূপ দুইটি রাসায়নিক বিক্রিয়া রাসায়নিক সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

9. (a) কার্বন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন সমন্বয়ে গঠিত একটি জৈব যৌগে 65% কার্বন ও 13·5% হাইড্রোজেন আছে। এই যৌগের 0·185 গ্রাম পরিমাণকে গ্যাসে পরিণত করিলে প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় ইহার আয়তন হবে 56 c.c.। যৌগটি সোডিয়ামের সহিত এবং সাধারণ অবস্থায় PCl_3-এর সহিত বিক্রিয়া করে না। যৌগটির স্থূল সংকেত এবং আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। এই যৌগটির একটি সম্ভাব্য নাম ও গঠন সংকেত লেখ।

(b) এই যৌগটিকে প্রস্তুত করিবার একটি পদ্ধতির উল্লেখ কর।

10. নিম্নলিখিত জৈব যৌগ জোড়গুলির স্বতন্ত্রীকরণের জন্য প্রতি ক্ষেত্রে একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর ঃ

(a) ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন। (b) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড। (c) বেনজিন ও টলুইন। (d) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন। (e) অ্যাসিটামাইড ও অ্যাসিটোনাইট্রাইল।

11. (a) নিম্নলিখিত মূলকগুলি কিভাবে বেনজিন বলয়ে প্রবিষ্ট করা হয়?

(i) —COOH, (ii) $—NH_2$, (iii) —OH.

(b) বেনজিন ও ফেনলের একটি মিশ্রণ হইতে ফেনলকে কিভাবে পৃথক করা হয়?

12. (a) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে A হইতে D যৌগগুলির গঠন সংকেত লেখ ঃ

(i) ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট $\xrightarrow{\text{পাতন}}$ A $\xrightarrow[\text{ও সোডিয়াম অ্যাসিটেট}]{\text{সেমিকার্বাজাইড হাইড্রোক্লোরাইড}}$ B

(ii) ইথাইল অ্যালকোহল $\xrightarrow[+H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7}$ D $\xrightarrow[\text{লঘু NaOH দ্রবণ}]{\text{ঠান্ডা}}$ C

(b) নিম্নলিখিত রূপান্তরে প্রয়োজনীয় বিকারকদের নামসহ ধাপগুলি বর্ণনা করঃ
(i) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে ফরমিক অ্যাসিড।
(ii) অ্যাসিটিলীন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল।
(c) মেটামারিজ্‌ম বলিতে কি বোঝা যায় ব্যাখ্যা কর।

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1985

CHEMISTRY (Second Paper)

Group—A

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

1. (a) নিম্নলিখিত মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান তড়িৎ ঋণাত্মকতা অনুসারে সাজাওঃ
Cl, Mg, C, S

(b) কেবলমাত্র O^{16} আইসোটোপ আছে এরূপ একটি অক্সিজেন গ্যাসের নমুনার N.T.P.-তে 5·6 লিটারে মোট প্রোটনের সংখ্যা নির্ণয় কর।

(c) নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি আল্‌ফা ও বিটা কণিকা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর ঃ $_{90}X^{232} \rightarrow {}_{82}Z^{208}$

(d) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে কি ধরনের বন্ধনী আছে তাহা বল—
MgO, Cl_2O, Ca_3N_2, HBr

(e) একটি উদাহরণ সহকারে আইসোটোপের (isotope) সংজ্ঞা দাও।

2. (a) A, B ও C চিহ্নিত তিনটি মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে z—2, z এবং z+1। ইহাদের মধ্যে B একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস হইলে—

(i) কোন্‌টির তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্ম (electro negativity) সর্বাপেক্ষা অধিক? (ii) কোন্‌টির 'আয়নাইজেশন বিভব' (Ionisation potential) সর্বাপেক্ষা অধিক? (iii) A ও C দ্বারা গঠিত যৌগের সংকেত কি হইবে? (iv) A ও C দ্বারা গঠিত যৌগটিতে A ও C এর মধ্যে বন্ধনী (bond) কিরূপ হইবে?

(b) আয়নীয় যৌগ ও সমযোজী যৌগগুলির ধর্মের কি পার্থক্য হয় লিখ। আয়নীয় যৌগগুলিতে কোনও প্রকৃত বন্ধনী নাই বলা হয় কেন?

(c) নিম্নলিখিত যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টি ধ্রুবীয় ও কোন্‌টি অধ্রুবীয় তাহা বলঃ
SO_2, CO_2, N_2O, H_2O

3. (a) কারণ দেখাও—

(i) আণবিক সংকেত এক হওয়া সত্ত্বেও ডাইমিথাইল ইথার অপেক্ষা ইথাইল কোহলের স্ফুটনাঙ্ক বেশী।

(ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

(iii) পরমাণু অপেক্ষা উহা হইতে উৎপন্ন আয়ন অধিকতর সুস্থির।

(b) 0·499 গ্রাম একটি কেলাসাকার লবণকে উত্তপ্ত করায় 0·18 গ্রাম জলীয় বাষ্প নির্গত হয়ে অনার্দ্র লবণ উৎপন্ন হয়। কেলাসাকার লবণের আণবিক গুরুত্ব 249·5 হইলে ইহার অণুতে কেলাস জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

4. (a) একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ এবং একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ এই দুই ঘটনার মূল পার্থক্য বুঝাইয়া লিখ।

(b) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় না কেন?

(c) কপার সালফেট দ্রবণকে দুইটি প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে কি হইবে ব্যাখ্যা কর।

(d) 112 পারমাণবিক গুরুত্বসম্পন্ন কোনও ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণে 15 মিনিট ধরিয়া 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ পাঠান হইলে ক্যাথোডের ওজন 0·788 গ্রাম বৃদ্ধি পায়। ধাতব লবণটিতে ধাতুর যোজ্যতা কত?

Group—B

(যে কোন **দুইটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।)

5. (a) বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন সংক্রান্ত বিষয়ে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি বিবৃত কর—(i) তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত উপাদানসমূহের সংযুতি। (ii) তড়িৎদ্বারে সংগঠিত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ ও তড়িৎদ্বার দুইটির প্রকৃতি। (iii) ধাতুটির সংগ্রহ।

(b) স্বতঃ বিজারণ পদ্ধতি দ্বারা নিষ্কাশন করা যায় এমন একটি ধাতুর নাম লিখ। ইহার আকরিক হইতে ধাতুটির নিষ্কাশন সংক্রান্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও।

6. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলিকে ক্রমবর্ধমান ক্ষারকীয়তা অনুসারে সাজাওঃ

MgO, ZnO, CaO, Na_2O

(b) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কোন্ ধাতুর আকরিকঃ

(i) চালকোপাইরাইট, (ii) ম্যাগনেটাইট

(c) নিম্নোক্ত ধাতু সংকরগুলির উপাদানের নাম লিখ—

(i) ব্রোঞ্জ, (ii) স্টেনলেস স্টীল

(d) জিঙ্ক পারদ সংকর কি? ইহা কিরূপে প্রস্তুত করা হয়?

(e) দস্তালেপন ও টিন প্লেটিং-এর তুলনা কর।

7. (a) যে কোন দুইটির প্রস্তুত প্রণালী ও একটি করিয়া ব্যবহারের উল্লেখ কর—

(i) কিউপ্রাস ক্লোরাইড (ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (iii) ব্লিচিং পাউডার।

(b) সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ—(যে কোন **দুইটি**)

(i) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ, দস্তাচূর্ণ ও কস্টিকসোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল। (ii) কপার সালফেট দ্রবণে পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হইল। (iii) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণোদকের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

Group—C

(যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।)

8. (a) নিম্নোক্ত তথ্যগুলির কারণ দর্শাও—(i) কার্বনের ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2\,2s^2\,2p^2$ হইলেও ইহার যোজ্যতা চার। (ii) ইথাইল কোহল ও ফরমিক অ্যাসিডের আণবিক ভর এক হইলেও প্রথমটির স্ফুটনাঙ্ক দ্বিতীয়টির স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা প্রায় 22°C কম।

(b) দুইটি ভিন্ন মনো-হাইড্রিক অ্যালকোহল A এবং B-এর সংযুতি একই রকম—C=60%, H=13·3%, O=26·7%। দুইটি যৌগকে গ্যাসীয় অবস্থায় পৃথক পৃথক ভাবে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর চালনা করিলে, একই যৌগ C উৎপন্ন হয় যাহা লঘু $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে। A, B এবং C-এর আণবিক গঠন লিখ এবং I.U.P.A.C. নিয়ম অনুযায়ী ইহাদের নামকরণ কর।

গ্যাসীয় অবস্থায় A এবং B-কে পৃথক পৃথক ভাবে উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর চালনা করিলে কি হইবে?

9. (a) নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি সম্পন্ন করিতে যে যে বিকারক প্রয়োজন হয় তাহাদের নাম লিখ—

(i) অ্যাসিটোন→ডাই অ্যাসিটোন অ্যালকোহল। (ii) ইথাইল কোহল→ক্লোরোফর্ম। (iii) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড→ক্লোরোবেঞ্জিন। (iv) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড→ইথাইল অ্যাসিটেট।

(b) নিম্নলিখিত জৈব যৌগগুলির পার্থক্য নির্দেশকরণের জন্য একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর—

(i) ফর্মিক অ্যাসিড এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিড। (ii) মিথাইল কোহল এবং ইথাইল কোহল। (iii) মিথাইল অ্যামিন এবং অ্যাসিটামাইড।

10. (a) নিম্নলিখিত মূলকগুলি কিভাবে বেঞ্জিন বলয়ে প্রবিষ্ট করা হয়—

(i) $-NH_2$, (ii) $-COOH$, (iii) $-I$

(b) নাইট্রোবেঞ্জিন হইতে কিরূপে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়?

11. (a) নীচের বিক্রিয়াগুলিতে A হইতে F যৌগগুলিকে সনাক্ত কর—

(i) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{অনার্দ্র } AlCl_3]{CH_3COCl} A \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} B$

(ii) $C_2H_2 \xrightarrow[80°C]{Hg^{+2}\ 20\%H_2SO_4} C \xrightarrow{K_2Cr_2O_7+H_2SO_4} D$

(iii) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn+HCl} E \xrightarrow{NaNO_2+HCl} F$

(b) সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ— (i) ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌ট্‌ বিক্রিয়া (ii) ক্যানিজারো বিক্রিয়া

12. (a) জৈব রসায়নে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির ব্যবহার উদাহরণসহ উল্লেখ কর—

(i) অনার্দ্র $AlCl_3$, (ii) $LiAlH_4$, (iii) সোডালাইম।

(b) মারকনিকফের নিয়ম কি? একটি উদাহরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। কোন্‌ অবস্থায় ইহার ব্যতিক্রম ঘটে?

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1986

CHEMISTRY (Second Paper)

Group—A

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

1. আলফা, বিটা ও গামা রশ্মিগুলি কি? উহাদের নিম্নলিখিত চরিত্রগুলির তুলনা করঃ—

(a) গতিবেগ, (b) ভেদন ক্ষমতা এবং (c) গতীয়-শক্তি।

রাদারফোর্ডের পরমাণু-গঠনের মডেল কি কি কারণে পরিত্যক্ত হইয়াছিল? বোরের পরমাণু মডেলের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি কি?

2. (a) "দ্রাব্যতা লেখ" (Solubility curve) হইতে কি কি তথ্য পাওয়া যায়? [যে কোন **দুইটি** তথ্যের উল্লেখ কর।]

25°C উষ্ণতাতে সম্পৃক্ত KNO_3-এর 1000 ml. দ্রবণকে (দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব =1·332) সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হইল। শুষ্ক লবণের ওজন হইল 333 gm। 25°C উষ্ণতাতে KNO_3-এর দ্রাব্যতা গণনা কর।

উষ্ণতা বৃদ্ধির সংগে সংগে যাহার দ্রাব্যতা কমিয়া যায় এমন একটি কঠিন পদার্থের নাম লিখ।

(b) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অম্লের দ্রবণ অপেক্ষা বিশুদ্ধ জলে AgCl বেশী দ্রবণীয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

(c) $CHCl_3$ ও CCl_4 এই দুইটি অণুর মধ্যে কোন্‌টি ধ্রুবীয় ও কেন?

3. (a) মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা (Electronegativity) বলিতে কি বুঝা যায়? একটি পর্যায়ে ইহা কিভাবে পরিবর্তিত হয়?

(b) কোঅর্ডিনেট বন্ডের (Coordinate bond) সংজ্ঞা লিখ। একটি উদাহরণ দাও।

(c) পর্যায় সারণীর ত্রুটিগুলি কি কি?

(d) একটি মৌলের ইলেক্‌ট্রন বিন্যাস—

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}\ 4s^2$

পর্যায় সারণীতে এই মৌলের স্থান কোন্‌ পর্যায়ে এবং কোন্‌ শ্রেণীতে? এই মৌলটি কি? ইহার যোজ্যতা কত?

4. (a) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বর্ণনা কর। এই সূত্রগুলিকে একটি সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

(b) তাপ বিয়োজন ও তড়িৎ বিয়োজনের তুলনা কর।

(c) তড়িৎ প্রবাহ দ্বারা $CuSO_4$-এর দ্রবণ হইতে 1·00 gm Cu সঞ্চিত হইতে দ্রবণের মধ্যে কতগুলি ইলেকট্রন অ্যানোডে ধাবিত হয়?

[Cu=63·5, F=96500 **কুলম্ব**]

Group—B

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

5. (a) বক্সাইট আকরিক হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা পাওয়া যায়?

(b) কার্বন বিজারণ পদ্ধতির দ্বারা ধাতু নিষ্কাশনের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

(c) লৌহ নিষ্কাশনের সময় মারুত চুল্লীতে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

6. (a) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের প্রত্যেকটির একটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর। (যে কোন **তিনটি**) ঃ—

(i) ব্লীচিং পাউডার (ii) প্যারিস প্লাস্টার (iii) ব্লু ভিট্রিয়ল (iv) সোডিয়াম বাইকার্বনেট।

(b) Galvanisation কি?

7. (a) সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ (যে কোন **তিনটি**) ঃ—

(i) প্রায় 400°Cএ উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইল। উৎপন্ন পদার্থকে জলের সহিত মিশ্রিত করা হইল। (ii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে কস্টিক সোডা দ্রবণ ধীরে ধীরে ঢালা হইল। (iii) অতিরিক্ত পটাশিয়াম সায়ানাইড দ্রবণ ধীরে ধীরে কপার সালফেটের দ্রবণে যোগ করা হইল। (iv) সদ্য প্রস্তুত চুনের জলে প্রথমে অল্প পরিমাণে ও পরে অধিক পরিমাণে SO_2 গ্যাস চালনা করা হইল।

(b) নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে উহাদের মধ্যে ক্রমবর্ধমান কার্বনের পরিমাণ অনুযায়ী সাজাও ঃ—

কাস্ট আয়রন, রট আয়রন ও স্টীল।

Group—C

(8নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।)

8. একটি জৈব যৌগের (A) আণবিক সংকেত C_3H_6O। ফিনাইল হাইড্রাজিনের সহিত বিক্রিয়ায় উহা ফিনাইল হাইড্রাজোন গঠন করে এবং আয়োডিন ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডোফর্ম গঠিত হয়। A-কে বিজারিত করিলে একটি অ্যালকোহল (B) উৎপন্ন হয়। B-এর বাষ্পকে উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়া চালনা করিলে যে অলিফিন (C) উৎপন্ন হয় তাহা ওজোন-বিশ্লেষণের ফলে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড ও ফরম্যালডিহাইডে পরিণত হয়। A, B ও C যৌগের গঠন-সংকেত ও নাম লিখ। তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও।

অথবা

(i) মনে কর পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহল নিরুদিত (dehydration) হইয়া 50% ইথিলীন উৎপন্ন হয় এবং ঐ উৎপাদিত ইথিলীন ব্রোমিন-এর সহিত বিক্রিয়ায় 80% যৌগ উৎপন্ন করে। 0·5 মোল ইথানল হইতে কত ওজনের ইথিলীন ডাই-ব্রোমাইড পাওয়া যাইতে পারে তাহা হিসাব করিয়া দেখাও। (ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব=80।) (ii) এমন একটি এ্যালিফ্যাটিক (Aliphatic) তরল যৌগ সনাক্ত কর যাহা জলে দ্রবণীয়, Na_2CO_3 হইতে CO_2 মুক্ত করে এবং $KMnO_4$ দ্রবণ ও Tollen বিকারক উভয়কেই বিজারিত করে। উত্তরের কারণসমূহ সমীকরণের সাহায্যে বর্ণনা কর।

9. (a) সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ (যে কোন **পাঁচটি**) ঃ—

(i) দুইটি প্লাটিনাম তড়িদ্বারের মধ্যে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হইল। (ii) ইথিলীন ডাইব্রোমাইডকে অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত ফোটান হইল। (iii) ফরম্যালডিহাইডের সহিত ঘন অ্যামোনিয়ার দ্রবণ মেশান হইল। (iv) অ্যাসিটামাইডের সহিত সোডিয়াম নাইট্রাইট ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যোগ করা হইল। (v) অ্যানিলিনের মধ্যে অতিরিক্ত পরিমাণে ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ মেশান হইল। (vi) বেঞ্জিনের সহিত ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডকে কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া ফোটান হইল।

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন কিভাবে করা হয়?

10. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। এই গ্যাসকে কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয়?

(b) নিম্নলিখিত জৈব যৌগ জোড়গুলির স্বতন্ত্রীকরণের জন্য একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। (যে কোন **পাঁচটি**) ঃ--

(i) ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড (ii) মিথাইল অ্যামিন ও অ্যানিলিন। (iii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড। (iv) ডাইইথাইল ইথার ও ইথাইল অ্যালকোহল। (v) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন। (iv) ইথাইল অ্যালকোহল ও ফেনল।

11. (a) পরীক্ষাগারে কিরূপে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়?

(b) অ্যানিলিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে তৈয়ার করিবে?

(i) টলুইন (ii) নাইট্রোবেনজিন (iii) বেনজোয়িক অ্যাসিড (iv) ফেনল।

প্রত্যেক ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় বিকারকদের নাম ও শর্তসহ ধাপগুলি বর্ণনা কর।

12. (a) নীচের বিক্রিয়াগুলিতে A হইতে G জৈব যৌগগুলিকে সনাক্ত কর ঃ—

(i) $CH_3—CH=CH_2 \xrightarrow{HBr} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{H^+, H_2O} C$

(ii) $C_6H_5OH \xrightarrow[\text{পাতন}]{\text{Zn চূর্ণ}} D \xrightarrow[60^\circ C]{\text{ঘন } HNO_3/\text{ঘন } H_2SO_4} E \xrightarrow{Sn/HCl} F$

$\xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{CHCl_3 + KOH} G.$

(b) যে কোন **দুইটির** সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ ঃ—

(i) টলুইনের উপর ক্লোরিনের বিক্রিয়া (ii) উৎজ-বিক্রিয়া (iii) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া।

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1987

CHEMISTRY (Second Paper)

Group—A

[1987 Syllabus]

(যে কোন **দুইটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।)

1. (a) পারমাণবিক ক্রমাংক অনুসারে পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর।

(b) ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে আধুনিক পর্যায় সারণীর বর্ণনা সংক্ষেপে লিখ।

2. (a) উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও এবং জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যে একই সঙ্গে ঘটে তাহা বুঝাইয়া দাও।

(b) একই মৌলের জারণ সংখ্যা ইহার বিভিন্ন যৌগের মধ্যে কোনটিতে পজিটিভ (+), আবার অন্যটিতে নেগেটিভ (—) হইতে পারে। ইহা উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও।

(c) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে Zn দিলে Zn দ্রাবিত হয় ও তামা দ্রবণমুক্ত হয়। কিন্তু জিংক সালফেটের জলীয় দ্রবণে তামা দিলে কিছুই হয় না। ইহার কারণ কি?

3. (a) আয়নিক বন্ধনী কাহাকে বলে? ইহার বিশেষত্ব কি? ইহার সহিত সমযোজী বন্ধনীর পার্থক্য কোথায়?

(b) (i) সালফার ও অক্সিজেন পর্যায় সারণীতে একই গ্রুপের মৌল হইলে ও প্রথমটির হাইড্রাইড গ্যাস কিন্তু দ্বিতীয়টির হাইড্রাইড তরল : ইহার কারণ কি?

(ii) CO_2 অণু পোলার নয় (nonpolar) কিন্তু SO_2 অণু পোলার (polar)-- ইহার কারণ বর্ণনা কর।

4. (a) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য কি কি? কোন কোন মৌল তেজস্ক্রিয় অথচ লেডের (Pb) মত অপর কিছু মৌল তেজস্ক্রিয় নয়—ইহার কারণ কি লিখ।

(b) রাদারফোর্ডের পরমাণু তত্ত্ব ও বোরএর পরমাণু তত্ত্বের মধ্যে পার্থক্য কোথায়?

Group—B

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

5. (a) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম ধাতুর নিষ্কাশনে কি কি অসুবিধা? ডাউনস্ পদ্ধতিতে এই অসুবিধাগুলি কিভাবে দূর করা হয়?

(b) জিঙ্কের আকরিক হইতে কিভাবে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক (Crude Zinc) নিষ্কাশিত হয় তাহা বর্ণনা কর।

6. (a) সংকর ধাতু ও পারদসংকরএর মধ্যে কি পার্থক্য?

(b) থার্মিট পদ্ধতির উপর একটি টীকা লিখ।

(c) প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর।

(i) বক্সাইট হইতে সাধারণ ফটকিরি

(ii) পরিত্যক্ত (Scrap) তামা হইতে "ব্লু ভিট্রিয়ল" (Blue Vitriol)।

7. কি ঘটে সমীকরণ সহ বর্ণনা কর:—

(a) অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত গাঢ় লবণোদকে অতিরিক্ত কার্বন-ডাইঅক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

(b) অ্যালুমিনা ও কোকের উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হইল।

(c) ফেরাস সালফেট কেলাস উত্তপ্ত করা হইল।

(d) কিউপ্রিক অক্সাইড ও কপার চূর্ণের মিশ্রণকে গাঢ় HCl সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া উহা শীতল জলে ঢালা হইল।

(e) চুনাপাথর, কোক ও সোডিয়াম সালফেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল।

Group—C

(৪নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।)

8. (a) একটি সুমিষ্ট গন্ধবিশিষ্ট জৈব তরল পদার্থ (A)-কে লঘু অ্যাসিড সহযোগে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করিলে একটি অ্যাসিড (B) ও একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল C উৎপন্ন হয়। (C) অ্যালকোহলটি আওডোফর্ম দেয়। C অ্যালকোহলকে জারিত করিলে ঐ একই B অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। A, B ও C যৌগ তিনটির নাম ও সংকেত লিখ। উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

(b) শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর এবং প্রতিটি বাক্য সম্পূর্ণ লিখ (যে কোন চারটি):

(i) ইথেন অণুর বন্ধনের কোণগুলির মান......ডিগ্রী।

(ii) পরীক্ষাগারে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুতের সময়......ডিগ্রী C তাপমাত্রায় মিশ্রণটি রাখা হয়।

(iii) সোডিয়াম ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং...... গঠিত হয়।

(iv) অ্যাসিটামাইডকে......সহযোগে উত্তপ্ত করিলে মিথাইল সায়ানাইড উৎপন্ন হয়।

(v) সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে এ্যানোডে......উৎপন্ন হয়।

9. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম তৈয়ার করা হয় তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

(b) ক্লোরোফর্ম সনাক্তকরণের জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

(c) একটি জৈবযৌগে অসম্পৃক্ততা আছে কিনা তাহা কিভাবে পরীক্ষা করিবে?

(d) যুতবিক্রিয়া (Additive Reaction) কি? একটি উদাহরণ সহকারে ব্যাখ্যা কর।

(e) নিম্নলিখিত যৌগগুলির গঠন সংকেত লিখ:—

(i) 3-chloro-1 butyne

(ii) 2-methyl 1, 3 butadiene

10. ফারমেণ্টেশন কাহাকে বলে? সমীকরণ সহ শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ হইতে ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্প-প্রস্তুতি বর্ণনা কর। Absolute alcohol কাহাকে বলে? নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলি ইথাইল অ্যালকোহল হইতে কিভাবে প্রস্তুত করিবে? বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ:

(i) নর্মাল বিউটেন (ii) অ্যাসিটোন (iii) ডাই-ইথাইল ইথার।

11. (a) আলকাতরা হইতে কিরূপ ফেনল প্রস্তুত করা হয়?

(b) কি অবস্থাতে ফেনল হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে? উৎপন্ন পদার্থটির নাম বল। সমীকরণ দাও।

(c) ফেনলের জলীয় দ্রবণে জলীয় ব্রোমিন যোগ করিলে কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

(d) (i) বেনজিন হইতে ফেনল এবং (ii) ফেনল হইতে অ্যানিলিন কি উপায়ে পাওয়া যায় তাহা সমীকরণ সহ লিখ।

12. (a) যে কোন তিনটির উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ:—

(i) ফ্রিডেলক্র্যাফ্ট বিক্রিয়া (ii) ওজোনোলিসিস (iii) হফম্যান বিক্রিয়া (iv) স্যান্ডমায়ার বিক্রিয়া।

(b) নীচের বিক্রিয়াগুলিতে A হইতে F জৈবযৌগগুলিকে সনাক্ত কর:—

(i) $C_6H_6 \xrightarrow[50°-60°C]{\text{গাঢ় } HNO_3/\text{গাঢ় } H_2SO_4} A \xrightarrow{Sn+HCl} B \xrightarrow[0°C]{NaNO_2+\text{dil } HCl} C$

(ii) $C_2H_5OH \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{লাল}P/I_2} D \xrightarrow[\text{তাপ}]{KCN} E \xrightarrow[H^+]{H_2O} F$

OLD SYLLABUS

(1985-86)

Group—A

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

1. (a) মেন্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ত্রুটি কি কি?

(b) "পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান সুনির্দিষ্ট নহে"—এই উক্তিটির সমর্থনে যুক্তি দাও।

(c) একটি উদাহরণসহ আইসোটোপের সংজ্ঞা দাও।

(d) একটি মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস:—
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

(i) ইহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক কত? (ii) ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 24 হইলে কেন্দ্রে কোন কণিকা কি সংখ্যায় আছে?

2. (a) ফ্যারাডে বলিতে কি বুঝায়?

(b) সমান মাত্রার HCl ও CH_3 COOH-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা আলাদা কেন?

(c) একটি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে 0·50 এ্যাম্পিয়ার (ampere) তড়িৎ 5 মিনিট ধরিয়া চালনা করায় ক্যাথোডের ওজন 0·168 gm. বৃদ্ধি পাইল. ঐ ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত?

3. (a) দ্রাব্যতার সংজ্ঞা লিখ।

(b) নিয়ন (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 10) নিষ্ক্রিয় মৌল, কিন্তু ক্যালসিয়াম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 20) দ্বিযোজী মৌল কেন?

(c) আয়নিক বন্ধনী কাহাকে বলে? ইহার বিশেষত্ব কি কি? ইহার সহিত সমযোজী বন্ধনীর পার্থক্য কোথায়?

4. (a) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য কি কি? কোন কোন মৌল তেজস্ক্রিয় অথচ সীসার (Pb) মত অপর কিছু মৌল তেজস্ক্রিয় নয়—ইহার কারণ কি লিখ।

(b) রাদারফোর্ডের পরমাণু তত্ত্ব ও বোরএর পরমাণু তত্ত্বের পার্থক্য কোথায়?

Group—B

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

5. (a) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম কিভাবে পাওয়া যায় বর্ণনা কর।

(b) অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন গ্যাসের সহিত সোডিয়াম কিভাবে বিক্রিয়া করে তাহা সমীকরণ সহ বিবৃত কর।

6. (a) সংকর ধাতু ও পারদসংকর-এর পার্থক্য কি?

(b) থার্মিট পদ্ধতির উপর একটি টীকা লিখ।

(c) Zinc-এর একটি আকরিকের নাম বল। জিঙ্কের আকরিক হইতে কিভাবে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক নিষ্কাশিত হয় সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

7. (a) নীচের পদার্থগুলি কিভাবে তৈরি করা হয়? (যে কোন তিনটি)ঃ

(i) বিরঞ্জকে চূর্ণ (ii) বক্সাইট থেকে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (iii) সোডিয়াম কার্বনেট (iv) $MgCl_2\ 6H_2O$ হইতে অনার্দ্র $MgCl_2$ (v) তুঁতে (blue vitriol)

(b) মরিচা পড়া কাহাকে বলে?

Group—C

(8নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।)

8. (a) একটি সুমিষ্ট গন্ধ বিশিষ্ট জৈব তরল পদার্থ (A)-তে লঘু অ্যাসিড সহযোগে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করিলে একটি অ্যাসিড (B) ও একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল C উৎপন্ন হয়। অ্যালকোহল C আওডোফর্ম দেয়। C অ্যালকোহলকে জারিত করিলে ঐ একই B অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। A, B ও C যৌগ তিনটির নাম ও সংকেত লিখ। উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

(b) শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর এবং প্রতিটি বাক্য সম্পূর্ণ লিখ (যে কোন চারটি)ঃ

(i) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন……বিকারক দ্বারা স্বতন্ত্রীকরণ করা যায়।

(ii) পরীক্ষাগারে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুতের সময়……ডিগ্রী C তাপমাত্রায় মিশ্রণটি রাখা হয়।

(iii) ওয়াটার গ্যাস ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ (2 : 1) 200 গুণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 350°C তাপমাত্রায় বিশেষ অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে……প্রস্তুত হয়।

(iv) ক্লোরোফর্ম জলে অদ্রবণীয় কিন্তু……দ্রবণীয়।

(v) অ্যাসিট্যামাইডকে……সহযোগে উত্তপ্ত করিলে মিথাইল সায়ানাইড উৎপন্ন হয়।

9. (a) পাইরোলিগনাস অ্যাসিড হইতে মিথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন পদ্ধতির বিবরণ দাও। গ্লেসিয়েল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি?

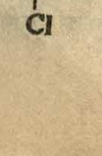
(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে কি কি উপায়ে

(i) অ্যাসিটোন (ii) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও (iii) মিথেনে রূপান্তরিত করা যায়? প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও।

10. (a) I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লিখঃ—

(i) $CH_3—\underset{\large CH_3}{\underset{|}{CH}}—CH_2CH_3$ (ii) $CH_3—O—C_2H_5$

(iii) $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CHCHO$ (iv) $CH_3—\overset{\large H}{\overset{|}{\underset{\large Cl}{\underset{|}{C}}}}—CH_2—CH_2—Cl$

(v) 

(b) পরীক্ষাগারে কি-ভাবে মিথেন প্রস্তুত করা হয়। তাহা বর্ণনা কর।

(c) মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন—এই তিনটি যৌগে কার্বনের বন্ধনীগুলি কিভাবে শূন্যে (in space) বিন্যস্ত থাকে? একটি জৈব যৌগে অসম্পৃক্ততা আছে কিনা তাহা কি ভাবে পরীক্ষা করিবে?

11. (a) আলকাতরা হইতে কি ভাবে বিশুদ্ধ বেঞ্জিন পাওয়া যায়?

(b) বেন্‌জিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কেমন করিয়া তৈয়ারি করা হয় তাহা লিখ (কেবলমাত্র শর্ত উল্লেখ কর ও সমীকরণ দাও)

(i) (Toluene) টলুইন
(ii) বেনজোয়িক অ্যাসিড
(iii) অ্যানিলিন
(iv) বেনজাইল ক্লোরাইড
(v) ফেনল

12. (a) নীচের বিক্রিয়াগুলিতে A হইতে F জৈব যৌগগুলিকে সনাক্ত করঃ—

(i) $C_6H_6 \xrightarrow[50-60°C]{Con.\ HNO_3 + Con.\ H_2SO_4} A \xrightarrow{Sn + HCl} B$

$\xrightarrow[0°C]{NaNO_2 + HCl} C \xrightarrow[Heat]{Cu_2Cl_2,\ HCl} D$

(ii) $C_2H_5OH \xrightarrow[Heat]{Red\ P,\ I_2} E \xrightarrow[Heat]{CH_3ONa} F$

(b) যে কোন তিনটির উপর টীকা লিখঃ

(i) ভার্জ বিক্রিয়া
(ii) সমগণীয় শ্রেণী (Homologous series)
(iii) ফ্রাইডেল ক্রাফ্‌ট্‌ বিক্রিয়া
(iv) হফম্যান বিক্রিয়া

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1984

CHEMISTRY (Second Paper)

ক—বিভাগ

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

১। (ক) তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে নির্গত তিনটি রশ্মির নাম কর ও উহাদের ধর্ম বর্ণনা কর।

(খ) রেডিয়াম এবং ইহার ক্লোরাইডের তেজস্ক্রিয়তার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?

(গ) কোন্‌ মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে নয়টি প্রোটন আছে? ইহার ইলেকট্রন-বিন্যাস ও নাম লিখ। ইহা পর্যায় সারণীর কোন্‌ গ্রুপের অন্তর্গত?

২। (ক) মেণ্ডেলিয়েফের পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর।

(খ) পর্যায় সারণীর একটি সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। ইহার উপযোগিতা সম্বন্ধে আলোচনা কর।

৩। (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় H_2S একটি গ্যাস, কিন্তু H_2O একটি তরল পদার্থ। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

(খ) NH_3 এবং NH^{1+} -এ কি কি ধরনের যোজ্যতা আছে?

(গ) তড়িৎযোজী ও সমযোজী যৌগের ধর্মের তুলনা কর।

অথবা, টীকা লিখঃ—

(ক) দ্রাব্যতা গুণফল ; (খ) ডায়ালিসিস; (গ) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

খ—বিভাগ (যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

৪। (ক) ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে ইস্পাত শিল্প প্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। (খ) 'স্টেনলেস স্টীল' সম্পর্কে টীকা লিখ। (গ) লোহার মরিচা ধরার কারণগুলি কি?

৫। ম্যাগনেসিয়ামের দুইটি প্রধান আকরিকের নাম সংকেতসহ উল্লেখ কর। সমুদ্রের জল হইতে ম্যাগনেসিয়ামের নিষ্কাশন সমীকরণসহ বর্ণনা কর। ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর দুইটি ব্যবহার লিখ।

৬। নিম্নলিখিত পদার্থগুলি প্রস্তুত করার পদ্ধতি সংক্ষেপে লিখঃ—

(১) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড; (২) প্লাস্টার অফ প্যারিস; (৩) জিংক কার্বনেট; (৪) ব্লিচিং পাউডার।

অথবা, কি ঘটে, সমীকরণসহ বর্ণনা কর, যখন—

(ক) অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণে ধীরে ধীরে অতিরিক্ত পরিমাণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দেওয়া হয়; (খ) অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দেওয়া হয়; (গ) কিউপ্রিক সালফেট উত্তপ্ত করা হয়; (ঘ) কপার সালফেটের দ্রবণে লোহার গুঁড়া দেওয়া হয়।

গ—বিভাগ [যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।]

৭। (ক) কোন্ যৌগগুলিকে প্যারাফিন বলে? (খ) পরীক্ষাগারে কিভাবে মিথেন প্রস্তুত করা হয়? (গ) ক্লোরিনের সহিত মিথেন বিভিন্ন অবস্থায় কিভাবে বিক্রিয়া করে? সমীকরণসহ বর্ণনা কর। (ঘ) 'ক্যাটিনেশন' সম্বন্ধে টীকা লিখ।

৮। (ক) I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লিখঃ—

(i) $CH_3—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—CH_2—CH_3$ (ii) $H_3C—\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}—OH$

(খ) গঠন-সংকেত লিখঃ—(১) মিথাইল ইথাইল ইথার; (২) অ্যাসিট্যালডিহাইড।

(গ) টীকা লিখ (যে কোন দুইটি): (১) কার্যকরী মূলক; (২) অ্যালডল কনডেনসেশন; (৩) ফ্রিডেল-ক্র্যাফট বিক্রিয়া।

(ঘ) রেক্টিফায়েড স্পিরিট হইতে কিভাবে জলশূন্য ইথানল প্রস্তুত করা হয়?

৯। বেনজিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করিবে? (কেবলমাত্র শর্ত উল্লেখ কর ও সমীকরণ দাও।):—

(ক) টলুইন; (খ) অ্যানিলিন; (গ) বেনজয়িক অ্যাসিড; (ঘ) বেনজাইল ক্লোরাইড।

১০। কিভাবে পার্থক্য করিবে—

(ক) ফরম্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের মধ্যে; (খ) অ্যাসিট্যামাইড ও অ্যাসিটোনাইট্রাইলের মধ্যে; (গ) ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্মের মধ্যে; (ঘ) নাইট্রোবেনজিন ও অ্যানিলিনের মধ্যে;

অথবা, (ক) অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক প্রস্তুতি বর্ণনা কর। (খ) গ্লেসিয়্যাল অ্যাসেটিক অ্যাসিড বলিতে কি বুঝ? (গ) ফস্‌ফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও ফস্‌ফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ। (ঘ) অনার্দ্র সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও সোডালাইম একত্রে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে?

অথবা, (ক) কিভাবে প্রস্তুত করিবে—(১) অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে ফরমিক অ্যাসিড; (২) ইথানল হইতে ইথিলিন?

(খ) কি ঘটে, যখন—(১) অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যাসিটিলিন চালিত করা হয়; (২) একটি লোহিত-তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন চালনা করা হয়?

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1985

CHEMISTRY (Second Paper)

ক—বিভাগ [যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।]

1. (a) পরমাণুর মৌলিক কণাগুলির বৈশিষ্ট্য কি?

(b) রাদারফোর্ডের পারমাণবিক তত্ত্বের অসঙ্গতি উল্লেখ কর এবং সংক্ষেপে বোরের পারমাণবিক তত্ত্ব বর্ণনা কর।

(c) হাইড্রোজেনযোজক কি?

2. (a) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বলিতে কি বোঝায়?

(b) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা লিখ। রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সহিত ইহার সম্পর্ক নির্ণয় কর।

(c) একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ এবং একটু খুব লঘু সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে কি হয়?

3. (a) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য কি?

(b) সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালনা করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়—ব্যাখ্যা কর।

(c) টীকা লিখঃ—(i) দ্রবণীয়তা (ii) কলয়েড দ্রবণ

অথবা, কারণ দেখাওঃ—

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয় কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন পদার্থ। (b) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে প্রথমটির ডাইপোল মোমেন্ট নাই কিন্তু দ্বিতীয়টির ডাইপোল মোমেন্ট আছে। (c) অসমযোজ্যতা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

খ—বিভাগ [যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।]

4. (a) বক্সাইটের সংকেত কি? বক্সাইট শোধনের একটি প্রক্রিয়ার বিবরণ দাও।

(b) বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতি সমীকরণসহ বর্ণনা কর।

(c) ব্যাকিং পাউডার কি? উহার ব্যবহার লিখ।

5. (a) সোডিয়াম কার্বনেট তৈরির একটি শিল্পপদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) টীকা লিখঃ— (i) দস্তালেপন (ii) লোহার নিষ্ক্রিয়তা।

6. কি ঘটে, সমীকরণসহ বর্ণনা কর, যখন—

(a) ফেরিক সালফেট দ্রবণে কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ যোগ করা হয়। (b) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণের মিশ্রণে সদ্য প্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ ঢালা হয়। (c) জিঙ্ক নাইট্রেটের কেলাস উত্তপ্ত করা হয়। (d) কপার সালফেট দ্রবণে পটাশিয়াম আয়োডাইড যোগ করা হয়।

অথবা, (a) নীল ভিট্রিয়ল কি? ইহা কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উত্তাপ দিলে ইহার কি পরিবর্তন ঘটে?

(b) পদার্থগুলির প্রস্তুত করার পদ্ধতি বর্ণনা করঃ—

(i) গ্লবার সল্ট (ii) অ্যালাম।

গ—বিভাগ [যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।]

7. (a) পরীক্ষাগারে ইথিলিন প্রস্তুত করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) তুমি কিভাবে প্রমাণ করিবে যে ইথিলিন একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন?

(c) ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মধ্যে পার্থক্য কি?

(d) অ্যাসিটিলিন অণুতে কয়টি পাই যোজক (π-bond) বর্তমান?

8. (a) I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লিখঃ—

(i) $CH_3—CH—CH_3$ (CH-এর সঙ্গে নিচে যুক্ত C_2H_5)

(ii) $H_3C—C—COOH$ (C-এর সঙ্গে উপরে CH_3 ও নিচে CH_3 যুক্ত)

(b) সমগোণীয় সারি বলিতে কি বুঝায় ? অ্যালকোহল ও অ্যালডিহাইডের সমগোণীয় শ্রেণীর সাধারণ সংকেত লিখ। সমগোণ ও সমাংশের মধ্যে পার্থক্য কি ?

(c) গঠন-সংকেত লিখঃ—(i) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (ii) মেটাডাইনাইট্রো বেনজিন

(d) মিথেন ও অ্যাসিটিলিন যৌগের আকার কেমন ?

9. (a) ফারমেনটেশন কাহাকে বলে? শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ হইতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। (b) ইথাইল অ্যালকোহল হইতে কিরূপে ক্লোরোফরম পাওয়া যায় সমীকরণ সহ লিখ। (c) ফরম্যালিন কাহাকে বলে ? উহার ব্যবহার লিখ।

10. (a) অ্যারোমেটিক যৌগ কাহাকে বলে ? (b) টলুইনের হ্যালোজিনেশন বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ। (c) বেনজিন হইতে টলুইন এবং টলুইন হইতে বেনজিন কিভাবে পাওয়া যায় ? (d) অ্যাসিডিক এবং প্রশম বিজারণে নাইট্রোবেনজিন হইতে কি পাওয়া যায় ?

অথবা, (a) রসায়নাগারে ফিনল প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। ফিনল হইতে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ও বেনজিন কিভাবে পাওয়া যায় ? (b) ডায়াজোটাইজেশন বিক্রিয়া কি ?

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1986

CHEMISTRY (Second Paper)

ক—বিভাগ [যে কোন **দুইটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।]

1. (a) "পরমাণুর কেন্দ্রে স্বল্প পরিসরে উহার সমগ্র ধনাত্মক আধান এবং প্রায় সমস্ত ভর সংহত হইয়া থাকে"—কে, কিভাবে এই সত্য প্রমাণ করেন ?

(b) একটি মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন মহল $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$.

(i) ইহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত ? (ii) পর্যায় সারণীতে ইহার স্থান কোথায় ? (iii) ইহার পারমাণবিক গুরুত্ব 32 হইলে, ইহার কেন্দ্রতে নিউট্রন সংখ্যা কত ?

(c) পরমাণুর ইলেকট্রন কক্ষের *s*, *p*, *d* উপস্তরের প্রত্যেকটির সর্বোচ্চ ইলেকট্রন ধারণ ক্ষমতা কত ?

(d) সংক্ষিপ্ত টীকা লিখঃ সমস্থানিক, পরমাণু ক্রমাংক এবং ভরসংখ্যা।

2. (a) 'দ্রাব্যতা' ও 'দ্রাব্যতা গুণফলের' পার্থক্য কি ? ক্যাটায়নের সিক্ত পরীক্ষায় গ্রুপ IIIA-তে NH_4OH-এর সহিত কঠিন NH_4Cl যোগ করা হয় কেন ?

(b) 27·5°C তাপমাত্রায় কোন লবণের দ্রাব্যতা 25. উক্ত তাপমাত্রায় 300 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ লবণ প্রয়োজন ?

(c) 'দ্রাব্যতা-লেখ' কি ? উহার উপযোগিতা বিবৃত কর।

3. (a) পর্যায় সারণীতে মৌলিক পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মের পর্যায়ক্রম আলোচনা কর।

(b) তড়িৎযোজী ও সমযোজী যৌগের ধর্মের পার্থক্যগুলি ব্যাখ্যা কর।

(c) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ত্রুটিগুলি বিবৃত কর।

অথবা, (a) 1 ফ্যারাডে বলিতে কি বোঝায় ? ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি বিবৃত কর।

(b) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ 3 মিনিট 13 সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে. প্রমাণ অবস্থায় কত গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে ?

(c) দেখাও যে একযোজী আয়নের ক্ষেত্রে. আধান $(e) = \frac{F}{N}$

F=ফ্যারাডে. N=অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

খ—বিভাগ [যে কোন **দুইটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।]

4. (a) এপসম লবণ কি ? ইহা কি ভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

(b) জিঙ্কের প্রধান দুইটি আকরিকের নাম লিখ। ইহার সালফাইড আকরিক হইতে বিশুদ্ধ জিংক নিষ্কাশন, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

5. (a) ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য কি?

(b) সোডিয়াম কার্বনেট একটি প্রশম লবণ, কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী—ব্যাখ্যা কর।

(c) লোহ নিষ্কাশনের সময় মারুৎচুল্লীতে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তাহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

(d) মরিচা-পড়া কি? মরিচা-পড়া কিভাবে রোধ করিবে?

6. (a) কি ঘটে, সমীকরণ সহ লিখ—যখন

(i) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হয়। (ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করা হয়। (iii) অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে ক্রমে ক্রমে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ অতিরিক্ত মাত্রায় ঢালা হয়।

(b) 'তাপ প্রয়োগ করিয়া সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড হইতে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করা যায় না'—ব্যাখ্যা কর।

অথবা, (a) প্রস্তুত প্রণালী ও ব্যবহার লিখঃ

(i) প্লাস্টার অব প্যারিস (ii) ব্লিচিং পাউডার।

(b) টীকা লিখঃ থারমিট পদ্ধতি।

গ—বিভাগ [যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।]

7. (a) অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) দেখাও যে অ্যাসিটিলিনের হাইড্রোজেন অম্লধর্মীয়।

(c) কি ঘটে—যখন মারকিউরিক সালফেট মিশ্রিত উষ্ণ (60°C) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের (20%) দ্রবণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করা হয়।

(d) ইথিলিন হইতে অ্যাসিটিলিন এবং অ্যাসিটিলিন হইতে ইথিলিন—এই রূপান্তর কি ভাবে সাধন করিবে?

(e) অ্যাসিটিলিন একটি অসম্পৃক্ত যৌগ—কিভাবে প্রমাণ করিবে?

8. (a) গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি? পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে কিভাবে ইহা প্রস্তুত করা হয়?

(b) অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে কি ভাবে নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত করিবে?

(i) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড (ii) অ্যাসিট্যামাইড (iii) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড।

9. (a) I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লিখঃ

(i) $(CH_3)_2CH.CHO$ (ii) $H_3C—C(CH_3)(C_2H_5)—OH$

(b) গঠন সংকেত লিখঃ (i) প্যারানাইট্রো অ্যানিলিন (ii) মিথক্সি মিথেন।

(c) সমীকরণ সহ কি ঘটে বিবৃত কর, যখন—

(i) কস্টিক সোডা ও আয়োডিন সহ অ্যাসিটোন উত্তপ্ত করা হয়। (ii) অ্যানিলিনকে ক্লোরোফর্ম এবং অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। (iii) ফরম্যালডিহাইড, লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। (iv) অ্যাসিট্যামাইড, ব্রোমিন ও কস্টিক পটাশ দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।

10. (a) নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলিতে (A), (B) ও (C)-এর নাম ও সংকেত লিখঃ

$$\text{(i)}\quad C_2C_6O \xrightarrow[170°C]{Conc.\ H_2SO_4} (A) \xrightarrow[Zn/H_2O]{O_3} (B) \xrightarrow[KMnO_4/H^+]{[O]} (C)$$

$$\text{(ii)}\quad C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow[AlCl_3]{Anhydrous} (A) \xrightarrow[KMnO_4/H^+]{[O]} (B) \xrightarrow[heat]{Soda\text{-}lime} (C)$$

(b) একটি জৈব যৌগ (A) এর কার্বন 40%, হাইড্রোজেন 6·6% এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 30. (A) ফিনাইল হাইড্রোজেন গঠন করে এবং ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে। (A) কে NaOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে, উহা একক্ষারীয় অ্যাসিডের সোডিয়াম

লবণ (B) ও একটি প্রশম জৈব তরল (C) গঠন করে। (A), (B) ও (C) এর গঠন-সংকেত লিখ এবং বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর।

11. (a) রসায়নাগারে অ্যানিলিন কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? মিথাইল অ্যামিনের সহিত ইহার পার্থক্য কি?

(b) অ্যানিলিন হইতে শুরু করিয়া কি ভাবে

(i) বেঞ্জিন (ii) ফিনল এবং (iii) ক্লোরোবেঞ্জিন প্রস্তুত করিবে?

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1987

CHEMISTRY (Second Paper)

বিভাগ—ক

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

১। (ক) 'তেজস্ক্রিয়তা' বলিতে কি বুঝ? বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় রশ্মির বৈশিষ্ট্য লিখ।

(খ) বোহ্‌রের পারমাণবিক তত্ত্বের স্বীকার্যগুলি বিবৃত কর। রাদারফোর্ডের পারমাণবিক তত্ত্ব হইতে ইহার পার্থক্য কি?

২। (ক) "পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান ত্রুটিপূর্ণ"—এই উক্তিটি ব্যাখ্যা কর।

(খ) পর্যায়সারণীর পর্যায় ও শ্রেণীর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

(গ) পর্যায়সারণীতে কোন মৌলের অবস্থানের সহিত উহার যোজ্যতার সম্পর্ক কি?

৩। (ক) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংকের সংজ্ঞা লিখ। রাসায়নিক তুল্যাংকের সঙ্গে উহার সম্পর্ক নির্ণয় কর।

(খ) NH_3 এবং NH -এর মধ্যে কোন্ কোন্ ধরনের যোজ্যতা বর্তমান? অংকনের সাহায্যে বুঝাও।

(গ) নিম্নলিখিত যৌগ দুইটির মধ্যে কোন্‌টি পোলার (polar) ও কোন্‌টি পোলার নহে। কারণ ব্যাখ্যা করঃ—(১) কার্বন ডাইঅক্সাইড এবং (২) জল।

অথবা, টীকা লিখঃ (১) অতিপৃক্ত দ্রবণ, (২) হাইড্রোজেন বন্ড এবং (৩) তড়িৎ ঋণাত্মকতা।

বিভাগ—খ

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

৪। (ক) আকরিক এবং খনিজের মধ্যে পার্থক্য কি?

(খ) বক্সাইট কি? উহা হইতে কিভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয়?

(গ) অ্যালুমিনিয়ামের দুইটি ধাতুসংকরের নাম লিখ এবং উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।

৫। (ক) ইস্পাত কি? সমীকরণসহ 'ওপেনহার্থ' পদ্ধতিতে ইস্পাত উৎপাদনের বর্ণনা কর।

(খ) আয়রন হইতে আরম্ভ করিয়া কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগ দুইটি প্রস্তুত করিবেঃ

(১) মোহ্‌রের (Mohr's) লবণ; (২) অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড?

৬। কি ঘটে, সমীকরণ সহ লিখ—যখন

(১) জিংক সালফেটের দ্রবণে ক্রমে ক্রমে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ অতিরিক্ত মাত্রায় ঢালা হয়।

(২) কপার সালফেটের দ্রবণে ক্রমে ক্রমে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড অতিরিক্ত মাত্রায় দেওয়া হয়।

(৩) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রণে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সন্তর্পণে ঢালা হয়।

(৪) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের এক টুকরা ফিতা নাইট্রোজেনপূর্ণ পাত্রে প্রবেশ করানো হয়।

অথবা, (ক) সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের 'সল্‌ভে' শিল্প পদ্ধতি বর্ণনা কর। সোডিয়াম কার্বনেটের দুইটি ব্যবহার লিখ।

(খ) অবিশুদ্ধ কপার হইতে বিশুদ্ধ কপার প্রস্তুতির বর্ণনা দাও। বিশুদ্ধ কপারের ব্যবহার লিখ।

বিভাগ—গ

(যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।)

৭। (ক) অ্যালকেন, অ্যালকিন ও অ্যালকাইন বলিতে কি বুঝ? প্রত্যেকের সাধারণ সংকেত ও উদাহরণ দাও।

(খ) পরীক্ষাগারে মিথেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। মিথেনকে মার্স গ্যাস বলে কেন? মিথেন অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন নহে—তুমি কিভাবে ইহা প্রমাণ করিবে?

৮। (ক) ফার্মেণ্টেসন বলিতে কি বুঝ? এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে ইথাইল অ্যালকোহল কিভাবে উৎপন্ন করা হয়?

(খ) রেকটিফাইড স্পিরিট ও মেথিলেটেড স্পিরিটে পার্থক্য কি?

(গ) কিভাবে ইথাইল অ্যালকোহলকে মিথাইল অ্যালকোহলে এবং মিথাইল অ্যালকোহলকে ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করিবে?

৯। (ক) সমীকরণসহ পরীক্ষাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতির বর্ণনা দাও। ইহার ব্যবহার লিখ।

(খ) সূর্যালোকে ইহাকে বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে কি হয়?

(গ) ফরম্যালিন কি? ইহার ব্যবহার লিখ।

১০। (ক) পরীক্ষাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতির বর্ণনা দাও। আয়োডিন ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের সঙ্গে অ্যাসিট্যালডিহাইডের কি বিক্রিয়া হয়, সমীকরণসহ লিখ।

(খ) টীকা লিখঃ

(১) ফ্রিডেল-ক্রাফটস্ বিক্রিয়া;

(২) ডায়াযো (Diazo) বিক্রিয়া।

১১। (ক) I. U. P. A. C. পদ্ধতি অনুযায়ী নাম লিঃ

(i) $CH_3—O—C_2H_5$

(ii) $CH_3—CH(Cl)—CH_2—COOH$

(খ) গঠন সংকেত লিখঃ

(১) মেটাডাইনাইট্রো বেনজিন;

(২) ইথাইলিডিন ক্লোরাইড।

(গ) (১) ফেনল হইতে বেনজিন এবং বেনজিন হইতে ফেনল কিভাবে পাওয়া যায়?

(২) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা হয়?

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1984

Group—A

১নং প্রশ্ন ও অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। নিম্নলিখিতগুলি ব্যাখ্যা করঃ

(ক) পরমাণুসমূহকে α-কণাদ্বারা তীব্র আঘাত করিলে দশ লক্ষের ভিতর সামান্য কয়েকটি বিক্ষিপ্ত হয়, বাকিদের গতিপথ অপরিবর্তিত থাকে।

(খ) কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর কোন ডাইপোল মোমেণ্ট নাই কিন্তু জলের আছে।

(গ) একই মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপের রাসায়নিক ধর্ম একই।

(ঘ) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।

(ঙ) 1000 গ্রাম জলের mole সংখ্যা কত হিসাব কর।

২। (ক) প্রমাণ কর যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে এক গ্রাম আণবিক আয়তন সমান এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উহার মান 22·4 লিটার।

(খ) একটি তরল হাইড্রোকার্বনের 0·0225 গ্রাম পরিমাণের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশাইয়া ইউডিয়োমিটারে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। ঠান্ডা করার পর দেখা গেল 21 c.c. আয়তন কমিয়াছে। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্প ঘনত্ব 36 হইলে তাহার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [H=1, C=12]

৩। (ক) ডুলং ও পেটিটের সূত্র লিখ। ঐ সূত্র হইতে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের কার্যকারিতা দেখাও।

(খ) 0·01 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত করার ফলে 27°C তাপমাত্রায় জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা সংগৃহীত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন হয় 10·65 c.c. ; বায়ুর চাপ 760 mm Hg এবং 27°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের আংশিক চাপ 25 mm Hg হইলে ধাতুটির equivalent weight নির্ণয় কর।

৪। (ক) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি লিখ এবং দেখাও যে তড়িৎ বিশ্লেষণে তড়িৎ-দ্বারে যে কোন পদার্থের এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক উৎপন্ন করিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন ও উহাকে ফ্যারাডে বলে।

(খ) অনুঘটকের সাহায্যে বায়ুর oxygen দিয়া sulphur dioxide-কে জারিত করার রাসায়নিক সমীকরণটি নিচে দেওয়া হইল।

$$2SO_2+O_2=2SO_3+Q \text{ cals.}$$

Le Chatelier-এর নিয়মানুসারে উষ্ণতা ও চাপ কিভাবে উৎপাদনের পরিমাণকে প্রভাবান্বিত করিবে দেখাও।

Contact পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড এই রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে উৎপাদন করা হয়। ঐ পদ্ধতিতে একটি কার্যকরী তাপমাত্রা ব্যবহারের যৌক্তিকতা দেখাও। এই প্রক্রিয়ায় অনুঘটক কেন ব্যবহার করা হয়? ইহাতে কি উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়?

৫। (ক) ভর-ক্রিয়া সূত্রটি লেখ। 'সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া উভমুখী'—উক্তিটি কি ঠিক? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

(খ) একটি অবিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেট-এর 5 গ্রামের সহিত 100 মি. লি. 1·0(N) HCl যোগ করা হইল। অতঃপর 25 মি. লি. 0·1 (N) NaOH যোগ করিয়া উদ্‌বৃত্ত অ্যাসিড প্রশমিত করা হইল। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অবিশুদ্ধির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

Group—B

৬নং প্রশ্ন ও অন্য যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

৬। (ক) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া H_2S বিশুষ্ক করা যায় না কেন?

(খ) বরফ গলাইলে আয়তন কমে কেন?

(গ) কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ লিখঃ

(১) উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করা হইলে।

(২) উত্তপ্ত ও গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণে আয়োডিন দ্রবীভূত করা হইলে।

(৩) জিপসাম ও জলের একটি slurry-র মধ্যে একযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইলে।

৭। (ক) সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রস্তুতির রাসায়নিক তত্ত্ব সমীকরণসহ বর্ণনা কর।

(খ) জলের খরতার মাত্রা কিভাবে প্রকাশ করা হয়? 1 litre জলে 0·001 মোল $MgSO_4$ দ্রবীভূত থাকিলে ঐ জলের খরতা নির্ণয় কর।

[Mg—24, S—32, Ca—40]

৮। (ক) '5-আয়তন' হাইড্রোজেন পারক্সাইড বলিতে কি বুঝায়? '5-আয়তন' হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

(খ) একটি গ্যাসীয় হাইড্রাইডকে $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া অধিক পরিমাণে পরিচালনা করিলে দ্রবণটি গাঢ় নীল বর্ণ ধারণ করে। এই হাইড্রাইডটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। সমীকরণ দুইটি লিখিয়া হাইড্রাইডটিকে চিহ্নিত কর। এই হাইড্রাইডটিকে কিরূপে একটি অক্সিঅ্যাসিডে রূপান্তরিত করিবে?

৯। (ক) লৌহ এবং জিংক উভয় ধাতুই কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। ব্লাস্ট ফার্নেসে যে ভাবে লৌহ নিষ্কাশন করা হয় অনুরূপ পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া ব্লাস্ট ফার্নেসে জিংক নিষ্কাশন করা যাইবে কি? ব্যাখ্যা কর।

জিংক জিংক-সালফেট দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করিয়া নিষ্কাশন করা যায়। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করিয়া অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা যাইবে কি? ব্যাখ্যা কর।

(খ) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়, সমীকরণসহ লিখঃ

(১) কার্ণালাইট হইতে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড।

(২) কপার পিরাইটিস হইতে ব্লু-ভিট্রিয়ল।

১০। (ক) গোল্ডস্মিথের 'থারমিট পদ্ধতি'র নীতি ব্যাখ্যা কর। এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা যায় এমন দুইটি ধাতুর নাম কর।

(খ) 20 c.c. আয়তনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 66 c.c. অক্সিজেন-এর সাথে জারিত করা হইল। ঠান্ডা হওয়ার পরে দেখা গেল যে আয়তন হইয়াছে 56 c.c.। এর পরে ঐ গ্যাস মিশ্রটিকে KOH-এর সংস্পর্শে আনার পর আয়তন কমিয়া 16 c.c. হইল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

Group—C

১১নং প্রশ্ন এবং ১২ ও ১৩ হইতে যে কোন একটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

১১। (ক) কি কি যৌগ আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া দেয়?

(খ) মিথেন গ্যাসে অ্যাসিটিলিন গ্যাস মিশ্রিত আছে কিনা কি ভাবে নিরূপণ করিবে?

(গ) ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড মিশ্রণের মধ্যে কিছু পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে বল। ভৌত এবং রাসায়নিক উভয় পরিবর্তনের উল্লেখ কর।

(ঘ) তোমাকে দুইটি তরল পদার্থ দেওয়া হইল। উভয়েরই আণবিক সংকেত C_2H_6O; কিন্তু একটি পদার্থ অ্যালকোহল এবং অপরটি একটি ইথার। সম্ভাব্য পদার্থ দুইটির নাম লেখ। এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যার সাহায্যে তুমি এই দুইটি পদার্থের পার্থক্য বুঝিতে পারিবে।

(ঙ) একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর যাহার সাহায্যে বিউটিন-1 ও বিউটিন-2-এর মধ্যে পার্থক্য দেখানো যায়।

১২। (ক) নিম্নলিখিতগুলির প্রস্তুতির রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণসহ বিবৃত করঃ

(১) অক্সালিক অ্যাসিড হইতে ফরমিক অ্যাসিড,

(২) ইথানল হইতে ক্লোরোফর্ম।

(খ) একটি অ্যালকিনের গঠন সংকেত লেখ যার ওজোন বিশ্লেষণে ও $KMnO_4$ জারণে একই যৌগ উৎপন্ন হয়। তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

১৩। (ক) একটি অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের মৌলগুলির ওজনানুপাত নিচে দেওয়া হইল। C—77·42%, H—7·53%, N—15·05%, Total—100%।

এই যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 46·5। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

এই যৌগটি HCl-এর সংস্পর্শে আসিলে একটি লবণ উৎপন্ন করে এবং বরফের দ্বারা ঠান্ডা করা নাইট্রাস অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করিয়া ডাইয়াজোনিয়াম লবণে রূপান্তরিত হয়। যৌগটি কি নিরূপণ কর।

(খ) কি ভাবে পৃথক করিবে?

(১) অ্যানিলিন ও নাইট্রোবেনজিন ; (২) ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন।

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1985

১। (ক) প্রাকৃতিক সোডিয়াম নাইট্রেটে সব সময়েই কিছু পরিমাণে সোডিয়াম আয়োডেট থাকে কেন?

(খ) 760 মি. মি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে শতকরা 80 ভাগ নাইট্রোজেন ও 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। প্রত্যেকটি গ্যাসের আংশিক চাপ কত?

(গ) ধাতব মৌলের অসমযোজী বন্ধন তৈরির প্রবণতা বেশি কেন? এ ধরনের বন্ধনযুক্ত একটি ধাতু-যৌগের সংকেত লেখ।

(ঘ) AgCl-এর দ্রাব্যতা-গুণফল $1\cdot8\times10^{-10}$ ধরে নিয়ে 1 লিটার আয়তনের জলে Ag-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। (Ag-এর পারমাণবিক ওজন=108)

(ঙ) কোন কোন তেজস্ক্রিয় খনিজে হিলিয়াম গ্যাস থাকে কেন? এ ধরনের একটি খনিজের নাম কর।

২। (ক) কপার সালফেটের 0·1 মোলার দ্রবণের 100 মি. লি.-এ Zn দ্বারা প্রতিস্থাপিত কপারের পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

(খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌গুলি দ্বিমেরুক তা বলঃ

BF_3, NH_3, H_2S, CO_2.

(গ) ক্রমনিম্নমান পোলারিটি (polarity) অনুসারে নিম্নলিখিত সংযোগ বন্ধনীগুলিকে সাজাওঃ

B—Cl, Ba—Cl, Br—Cl, Cl—Cl

(ঘ) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে কি ধরনের বন্ধনী আছে তা লেখঃ

K_2O, Mg_3N_2. Cl_2O, HCl (gas).

(ঙ) কোন মৌলের তুল্যাংকভার 12 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·25 cal/g-degree হলে তার যোজ্যতা কত হবে?

৩। (ক) 'উভমুখী বিক্রিয়া' ও 'রাসায়নিক সাম্য' বলিতে কি বুঝায়?

মোলার গাঢ়ত্ব ও আংশিক চাপের সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সাম্য-ধ্রুবক, K, লেখঃ

(i) $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons2NH_3(g)$, (ii) $2NO(g)+O_2(g)\rightleftharpoons2NO_2(g)$

(খ) 2 গ্রাম পরিমাণ অবিশুদ্ধ তুঁতে জলে দ্রবীভূত ক'রে 25 মি. লি. (N) NaOH মিশিয়ে ফুটানো হ'ল। প্রাপ্ত কালো অধঃক্ষেপ ছেঁকে ও ধৌত করার পর পরিস্রুত ও ধৌত কার্যে ব্যবহৃত জলের প্রশমনের জন্যে 15 মি. লি. (N)H_2SO_4 দরকার হলে ঐ লবণে তুঁতের বিশুদ্ধতা শতকরা কত? [তামার পারমাণবিক ওজন=63·5]

৪। (ক) (১) দ্রাব্যতা গুণফল বলিতে কি বুঝ—ব্যাখ্যা কর।

(২) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস কেন ব্যবহার করা হয়?

(খ) 4·025 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট নিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হ'ল। কতক্ষণে লবণটি সম্পূর্ণরূপে বিশ্লিষ্ট হয়ে যাবে?

[At. wt. Zn=65 ; 1 Faraday=96,500 কুলম্ব]

৫। ব্যাখ্যা কর কেনঃ

(ক) জলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অতি সামান্য মাত্রায় দ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে তা সহজেই দ্রবীভূত হয়;

(খ) সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড তাপিত ক'রে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায় না;

(গ) পরীক্ষাগারে H_2O_2 প্রস্তুত করার জন্য অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার না ক'রে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়;

(ঘ) সমীকরণসহযোগে বিবৃত কর যা ঘটে, যখনঃ

(১) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হয়;

(২) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়।

৬। যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা করঃ

(ক) বাষ্পীভবনের সাহায্যে লঘু সালফিউরিক অম্লকে একটি নির্দিষ্ট সীমার বেশী গাঢ় করা যায় না।

(খ) জিঙ্ক-এর উপস্থিতিতে লোহার ক্ষয় হ্রাস পায়।

(গ) জল একটি বিভিন্ন কাজের উপযোগী বহুমুখী দ্রাবক।

(ঘ) তামার সালফাইড আকরিককে পুড়িয়েই ধাতুটি পাওয়া যেতে পারে।

(ঙ) আর্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত ক'রে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড তৈরি করা যায় না।

৭। (ক) নীচের বিক্রিয়াগুলির প্রধান উপজাত পদার্থটির নাম ও সঙ্কেত লেখঃ

(১) আয়োডিনের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হ'ল।

(২) কার্বন মনোক্সাইড ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সোজাসুজি সূর্যালোকে রাখা হ'ল।

(৩) সোডিয়াম সালফাইট-এর জলীয় দ্রবণকে গন্ধক মিশিয়ে ফুটানো হ'ল।

(৪) কঠিন বেরিয়াম অক্সাইডকে বায়ুতে উত্তপ্ত করা হ'ল।

(৫) পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটকে আম্লিক দ্রবণ থেকে একত্রে কেলাসিত করা হ'ল।

(খ) (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণকে কিভাবে বিয়োজিত হওয়া থেকে রক্ষা করা যায়? হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর দ্রবণের শক্তি কিভাবে প্রকাশ করা হয়?

(২) পূর্ণ সমীকরণের সাহায্যে ওজোন-এর জারণ ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর বিজারণ ধর্মের পরিচয় দাও।

৮। (ক) জারণ-সংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সুষম করঃ

(i) $KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3$

(ii) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

(খ) কিভাবে অপসারণ করবেঃ

(১) ক্লোরিন গ্যাস হতে খুব কম পরিমাণ HCl গ্যাস, (২) লাল ফস্‌ফরাস্ হতে শ্বেত ফস্‌ফরাস্, (৩) কার্বন মনোক্সাইড হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড, (৪) হাইড্রোজেন আয়োডাইড হতে কম পরিমাণ আয়োডিন, (৫) অ্যামোনিয়া হতে জলকণা?

৯। (ক) একটি জৈব যৌগ (A) এর সংযুতি এইরকম—কার্বন 60%, হাইড্রোজেন 13·33%, অক্সিজেন 26·67%। গ্যাসীয় অবস্থায় 0·06 g (A) প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 22.4 ml. বাতাস প্রতিস্থাপিত করতে পারে। যৌগটি সোডিয়াম ধাতুর সাথে সহজে বিক্রিয়া করে এবং মৃদু জারণে B চিহ্নিত একটি যৌগে রূপান্তরিত হয় যা দানাদার সেমিকার্বাজোন গঠন করে এবং আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(A)-এর সম্ভাব্য গঠন যুক্তিসহকারে বিবৃত কর।

(B)-এর সঙ্গে সমযৌগিক এমন দুটি যৌগের গঠনমূলক সংকেতসহ নাম কর।

(খ) নিম্নলিখিত প্রতিটি বিক্রিয়ায় A, B, C, D এবং Eকে সনাক্ত করঃ

(i) $C_2H_5OH \xrightarrow{PCl_5} A \xrightarrow{AgNO_2} B \xrightarrow{Sn/HCl} C \xrightarrow{HNO_2} D \xrightarrow{\text{জারণ}} E.$

(ii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{শুষ্ক } AlCl_3]{CH_3COCl} A \xrightarrow{\text{জারণ}} B \xrightarrow{NH_3} C \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} D \xrightarrow{Br_2/KOH} E.$

১০। উত্তর দাওঃ

(ক) দুটি সমাবয়বী যৌগ A ও B-এর প্রত্যেকটি নিরুদনের ফলে প্রপীন তৈরি করে। A ও B-এর গঠন সংকেত ও I.U.P.A.C. মতে নাম লেখ।

(খ) আম্লিক ও তীব্র বিজারক এমন উভধর্মী একটি জৈব যৌগের নাম কর; উদাহরণ দিয়ে দেখাও।

(গ) একটি জৈব যৌগের এক মোল অক্সিজেনের অর্ধেক মোলের সাহায্যে একটি জৈব অম্ল তৈরি করে। এই শ্রেণীর যৌগগুলি সনাক্ত করার একটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

(ঘ) মিথাইল ক্লোরাইড ও মিথাইল অ্যামিন এই দুটির মধ্যে কোন্‌টির দ্রাব্যতা জলে বেশি? কেন, কারণ দর্শাও।

(ঙ) নাইট্রোটলুয়িন-এর সম্ভাব্য সবগুলির গঠন-সংকেত এবং নাম লেখ।

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1986

প্রতিটি প্রশ্নের উত্তর দাও

১। গে-লুসাকের গ্যাসসমূহের আয়তন সংযোগ সম্পর্কিত সূত্রটি বিবৃত কর।

২। বিশুদ্ধ তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও বিশুদ্ধ জল উভয়েই তড়িতের কুপরিবাহী কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য—যুক্তি সহকারে ব্যাখ্যা কর কেন?

৩। ডুলং ও পেটিটের সূত্র মোটামুটিভাবে ঠিক, তা সত্ত্বেও এর সাহায্যে সঠিক পারমাণবিক ওজন জানা সম্ভব।—ব্যাখ্যা কর।

৪। পটাসিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়নে সমসংখ্যক ইলেকট্রন বিদ্যমান। তাহাদের ব্যাসার্ধ কি সমান হইবে?—ব্যাখ্যা কর।

৫। 'সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক'—এর একটি এককের উল্লেখ কর এবং ঐ এককে এর মান নির্ণয় কর।

৬। 25°C উষ্ণতায় সিলভার সালফেটের দ্রাব্যতা 0·026 গ্রাম-অণু/লিটার। এই উষ্ণতায় ইহার দ্রাব্যতা-গুণফল গণনা কর।

৭। 'ধাতুর ক্যাটায়নগুলির উৎকৃষ্ট লুইস-অ্যাসিড'—বিবৃতিটির যথার্থতা প্রমাণ কর।

৮। পরমাণুর নিম্নোক্ত উপকক্ষে সর্বোচ্চ কতগুলি ইলেক্‌ট্রন অবস্থান করিতে পারে তাহা লিখঃ (১) $3p$. (২) $3d$.

যে মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 18, তাহার ইলেক্‌ট্রন-বিন্যাস লিখ।

৯। কোন্‌টি অধিক ক্ষারকীয়—অ্যামোনিয়া অথবা ফস্‌ফিন?—ব্যাখ্যা কর।

১০। প্রথম সন্ধি-শ্রেণীতে কতগুলি মৌল আছে? এরা চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থান করে কেন?

১১। '10-আয়তন' হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর চেয়ে 10% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যে বেশী শক্তিসম্পন্ন দেখাও।

১২। ম্যাঙ্গানিজের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করঃ (ক) $MnSO_4$, (খ) $KMnO_4$, (গ) MnO_2, (ঘ) K_2MnO_4।

১৩। একটি তেজস্ক্রিয় মৌল, যাহার ভর-সংখ্যা 232 ও পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 90, কয়েকটি ধাপে বিভাজনের ফলে 6 আল্‌ফা-কণিকা ও 4 বিটা-কণিকা বর্জন করে। শেষের মৌলটির ভর-সংখ্যা ও পরমাণু-ক্রমাঙ্ক কত?

১৪। 'ওয়াটার-গ্যাস' বিক্রিয়াগুলি কি? উপজাতগুলির ভিতর যাহার জ্বলন-ক্ষমতা সব চাইতে বেশী তাহাকে চিহ্নিত কর।

১৫। সমীকরণসহ বিবৃত করঃ

কোকের সহিত ক্যালসিয়াম অক্সাইডকে 2000° সেণ্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে?

১৬। যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর, কেন বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন-ঘটিত যৌগ হইতে রাসায়নিক উপায়ে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের ঘনত্ব হইতে বেশী।

১৭। 'জিপসাম' কি? অ্যামোনিয়ার একটি শিল্প-পদ্ধতিতে জিপসাম ব্যবহার করা হয়। কিভাবে?

১৮। যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর, কেন আয়োডিন পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হয়, যদিও জলে আয়োডিন অতি সামান্য মাত্রায় দ্রবীভূত হয়।

১৯। (ক) কার্বনিক অ্যাসিড, (খ) পারক্লোরিক অ্যাসিড, (গ) ফসফরাস অ্যাসিড এবং (ঘ) হাইপো-ক্লোরাস অ্যাসিডগুলির অ্যাসিড-অ্যানহাইড্রাইডগুলি কি?

২০। নিম্নলিখিত যৌগগুলির প্রত্যেকটিতে কোন্‌ কোন্‌ ধরনের রাসায়নিক বন্ধনী আছে তাহা ইলেকট্রন-বিন্দু সংকেত দ্বারা ও উপযুক্ত নাম সহযোগে দেখাওঃ N_2H_4, $POCl_3$.

২১। যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর, কেন ফিনলের জলীয় দ্রবণ আম্লিক, কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণ আম্লিক নয়।

২২। নিম্নবর্ণিত বিক্রিয়াক্রমে I—IV বিক্রিয়কগুলির নাম করঃ

$$RCOOH \xrightarrow{I} RCOCl \xrightarrow{II} RCONH_2 \xrightarrow{III} RCN \xrightarrow{IV} RCH_2NH_2$$

২৩। পার্থক্য নিরূপণ করঃ অ্যানিলিন এবং মিথাইল অ্যামিন।

২৪। কিভাবে প্রস্তুত করিবেঃ অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে প্রপেন?

২৫। প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার সহযোগে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রাপ্ত পদার্থগুলির নাম ও সংকেত লিখ।

২৬। (ক) নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার জন্যে মোট চাপ P ও অ্যামোনিয়ার মোল-ভগ্নাংশ x-এর সাহায্যে Kp-এর সমীকরণ তৈরি করঃ $N_2(g)+3H_2(g)=2NH_3(g)$

(খ) দেখাও, P বাড়ালে X বাড়ে।

২৭। (ক) তেজস্ক্রিয়তার কারণ কি?

(খ) রেডিয়াম এবং রেডিয়াম ক্লোরাইড যৌগের তেজস্ক্রিয়তার মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি?

(গ) নিষ্ক্রিয় গ্যাস ও সন্ধিগত মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে কি কি বিশেষত্ব বর্তমান?

২৮। (ক) সংজ্ঞা লিখ—ফর্মাল এবং নর্মাল দ্রবণ।

(খ) 0·93 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং সোডিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণ প্রশমিত করিতে 200 মি. লি. N/10 সালফিউরিক অ্যাসিড লাগে।

ঐ মিশ্রণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

২৯। সমান উষ্ণতা ও চাপে একটি সচ্ছিদ্র প্লাগের মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট আয়তন বিশুদ্ধ অক্সিজেনের ও সম-আয়তন ওজোনিত অক্সিজেনের ব্যাপন সংঘটিত হয় যথাক্রমে 224 মিনিটে এবং 235 মিনিটে। ওজোনিত অক্সিজেনে আয়তনিক হিসাবে 20% ওজোন আছে। বিশুদ্ধ ওজোনের আণবিক গুরুত্ব কত?

৩০। অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির রাসায়নিক তত্ত্বসমূহ, সুষম সমীকরণসহ বিবৃত কর।

৩১। (ক) অ্যামোনিয়া উৎপাদনে 'সায়ানামাইড-পদ্ধতি'-র রূপরেখা দাও। এর সাথে সংশ্লিষ্ট দুইটি শিল্প-পদ্ধতির নাম কর।

(খ) কি ঘটে, যদিঃ

(১) অ্যামোনিয়া গ্যাস-সম্পৃক্ত ব্রাইন-এর সাথে কার্বন ডাই-অক্সাইড-এর বিক্রিয়া করানো হয়;

(২) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস পাঠানো হয়।

৩২। উদাহরণ দাওঃ

(ক) তড়িৎ-তাপ পদ্ধতি;

(খ) স্ব-বিজারণ পদ্ধতি;

(গ) অনুঘটকরূপে সন্ধি-ধাতব অক্সাইড-এর ব্যবহার;

(ঘ) ওষুধ তৈরিতে ধাতব হাইড্রক্সাইড-এর ব্যবহার;

(ঙ) অ্যানায়নের অংশরূপে ধাতু।

৩৩। একটি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ (A)-কে উত্তপ্ত করিলে একটি কঠিন পদার্থ (B) এবং অক্সিজেন দেয়। লঘু-হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত (B) একটি বাদামী গ্যাস উৎপন্ন করে। আবার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত (B)-কে উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাস এবং অবশেষ (C) দেয়। (A)-কে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দিয়া উত্তপ্ত করিলেও একটি বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং যে অবশেষ পাওয়া যায় তাহা (C)-এর অনুরূপ। এই অবশেষ বুনসেন্ শিখায় হলুদ বর্ণ দেয়। (A), (B), (C) যৌগগুলিকে সনাক্ত কর এবং সব বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ।

৩৪। (ক) কিভাবে প্রমাণ করিবে যে বেঞ্জিনে তিনটি দ্বি-বন্ধনী আছে এবং এই বন্ধনীগুলি ইথিলিনের দ্বি-বন্ধনী হইতে ভিন্ন ধরনের?

(খ) অ্যালিফেটিক ইথার তৈরির দুইটি সাধারণ প্রণালীর উল্লেখ কর।

(গ) দুইটি পেট্রোলিয়াম-জাত রাসায়নিকের নাম কর।

৩৫। দুইটি উদ্বায়ী জৈব যৌগের বিশ্লেষণের ফলে নিম্নলিখিত ফলগুলি পাওয়া গেলঃ কার্বন =52·2%, হাইড্রোজেন=13%, অক্সিজেন=34·8%, প্রতিটি যৌগের বাষ্প-ঘনত্ব 23। যৌগ দুইটির নাম এবং গঠন সংকেত দাও।

ইহার প্রত্যেকটির সহিত (ক) ধাতব সোডিয়াম এবং (খ) ফুটন্ত হাইড্রোআয়ডিক অ্যাসিড-এর বিক্রিয়ার বর্ণনা দাও।

CLASS NOTES

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1988

NEW SYLLABUS

CHEMISTRY : Second Paper

Group A

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

1. তেজস্ক্রিয়তা কাহাকে বলে? কোনও তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ দ্বারা বিকীর্ণ তিনটি তেজস্ক্রিয় রশ্মির নিম্নলিখিত চরিত্রগুলির তুলনা কর—
   (a) গতীয় শক্তি,
   (b) ঐ রশ্মিগুলির উপর তড়িৎ ও চুম্বকক্ষেত্রের প্রভাব,
   (c) আয়নিত করিবার ক্ষমতা।
   একটি তেজস্ক্রিয় মৌল $^{227}_{89}X$ হইতে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ফলে $^{211}_{87}Z$ মৌলে পরিণত হইল। কয়টি α কণা ও কয়টি β কণা নির্গত হইয়াছিল? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। 2+6+2=10

2. পারমাণবিক ক্রমাংক অনুযায়ী পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর। পর্যায় সারণীর বাম দিক হইতে ডান দিকে এবং উপর হইতে নীচের দিকে অগ্রসর হইলে মৌলগুলির নিম্নলিখিত ধর্মগুলি কিভাবে পরিবর্তিত হয় লিখ—
   (a) পারমাণবিক আয়তন, (b) যোজ্যতা, (c) তড়িৎ ধনাত্মকতা, (d) জারণ ও বিজারণ ধর্ম। 2+4×2=10

3. (a) পরমাণু-কেন্দ্রের বাহিরে বিভিন্ন কক্ষে ও উপকক্ষে ইলেকট্রনগুলি কিভাবে সজ্জিত থাকে বল।
   (b) NH_3 ও NH_4^+ এ কি কি ধরনের যোজ্যতা আছে?
   (c) A হইতে E পর্যন্ত বস্তুকণাগুলির প্রোটন, নিউট্রন ও ইলেকট্রনের সংখ্যা নিম্নরূপ—

	প্রোটন	নিউট্রন	ইলেকট্রন
A	12	12	10
B	18	22	18
C	17	18	18
D	17	18	17
E	17	20	17

   ইহাদের মধ্য হইতে বাছিয়া লও—
   (i) একটি অ্যানায়ন (ii) একটি ক্যাটায়ন (iii) এক জোড়া আইসোটোপ
   (iv) একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু
   (v) দুইটি বস্তুকণা যাহাদের মধ্যে ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা গঠিত হইতে পারে
   (vi) একটি পরমাণু যাহা আম্লিক হাইড্রাইড গঠন করিতে পারে।
   (d) একটি উদাহরণ সহ হাইড্রোজেন বন্ধনী (Hydrogen bond) ব্যাখ্যা কর।
   3+2+3+2=10

4. (a) জারণ সংখ্যা (oxidation number) কাহাকে বলে?
   (b) জারণ সংখ্যার সহিত জারণ ও বিজারণের কি সম্পর্ক তাহা উদাহরণ দ্বারা (প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ) দেখাও।
   (c) নিম্নোক্ত রাসায়নিক সমীকরণটি জারণ সংখ্যার সাহায্যে সম্পূর্ণ (Balance) কর।

$$S + H_2SO_4 = SO_2 + H_2O$$

   (d) উদাহরণ সহযোগে (প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ) জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও।
   (e) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ হইতে জিংক হাইড্রোজেনকে মুক্ত করিতে পারে কিন্তু তামা পারে না। কারণ ব্যাখ্যা কর। 3+2+4+1=10

Group B

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

5. (a) সংকেত সহ তামার দুইটি আকরিকের নাম কর।

(b) অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ ও বিশুদ্ধ বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি দাও।

$2+8=10$

[নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়ামের বিশুদ্ধিকরণের প্রয়োজন নাই]

6. (a) সমীকরণ সহ কি ঘটে লিখ—

(i) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ, দস্তা চূর্ণ ও কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

(ii) অতিরিক্ত CO_2 ক্রমে ক্রমে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড-এর দ্রবণে চালনা করা হইল।

(iii) গলিত কস্টিক সোডার মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করা হইল।

(iv) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রণের শীতল দ্রবণে ধীরে ধীরে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হইল।

(v) কিউপ্রাস অক্সাইডকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল।

$5\times2=10$

7. (a) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? প্রয়োজনীয় সমীকরণ দাও। (যে কোন দুইটি)

(i) গ্রীন ভিট্রিয়ল, (ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (iii) কিউপ্রাস ক্লোরাইড।

(b) কিরূপে প্রমাণ করিবে যে—

(i) চুনাপাথরে কার্বন আছে এবং (ii) গ্লবার সল্টে সালফার আছে।

$3\times2+2\times2=10$

Group C

(৪নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

8. (a) একটি জৈব যৌগে (A) 40% C, 6·6% H এবং অক্সিজেন আছে। উহার আণবিক ওজন 30। (A) ফিনাইল হাইড্রাজিনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে। কস্টিক সোডার গাঢ় জলীয় দ্রবণের সহিত (A)-কে গরম করিলে উহা হইতে একটি জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ (B) এবং একটি প্রশম জৈব যৌগ (C) উৎপন্ন হয়।

উপরের তথ্যগুলি হইতে তোমার যুক্তি সহ (A) যৌগটির গঠন সংকেত দাও।

(b) (A) যৌগটির সহিত ফিনাইল হাইড্রাজিন ও ফেলিং দ্রবণের রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ।

$6+4=10$

9. (a) পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

(b) কি ঘটে বল (সমীকরণ সহ)

(i) ক্ষারীয় দ্রবণে অ্যাসিটোনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস পাঠান হইল।

(ii) অ্যাসিটোনকে ব্যারাইটার $[Ba(OH)_2]$ সহিত রিফ্লাক্স (reflux) করা হইল।

(c) নিম্নলিখিত রাসায়নিক পরিবর্তনগুলি ঘটিবার জন্য কেবলমাত্র প্রয়োজনীয় শর্তসমূহ [যেমন বিক্রিয়কগুলির ভৌত অবস্থা, উষ্ণতা, চাপ বা অনুঘটক ইত্যাদি যেটি বা যেগুলির দরকার] উল্লেখ কর।

(i) মিথেন + নাইট্রিক অ্যাসিড → নাইট্রোমিথেন + জল

(ii) ইথাইল অ্যালকোহল + সালফিউরিক অ্যাসিড → ইথার + সালফিউরিক অ্যাসিড + জল

(iii) অ্যাসিট্যালডিহাইড + হাইড্রোজেন → ইথাইল অ্যালকোহল

(iv) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড + হাইড্রোজেন → অ্যাসিট্যালডিহাইড + হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

(v) মিথাইল অ্যালকোহল + অ্যামোনিয়া → মিথাইল অ্যামিন + হাইড্রোজেন

(vi) আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল → অ্যাসিটোন + জল $5+4+1\times6=15$

[সমীকরণের প্রয়োজন নাই]

10. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

(b) কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর। (i) ফেনলের জলীয় দ্রবণে জলীয় ব্রোমিন যোগ করা হইল। (ii) এ্যানিলিনে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণ যোগ করা হইল। (iii) এ্যানিলিনের সহিত ক্লোরোফর্ম ও অ্যালকোহলীয় কস্টিক পটাশ দ্রবণ উত্তপ্ত করা হইল। (iv) এ্যানিলিনকে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত করা হইল। $7+4\times2=15$

11. (a) প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে সমীকরণ সহ টলুইনের উপর ক্লোরিনের বিভিন্ন বিক্রিয়া শর্ত সহ বিবৃত কর।

(b) উৎপাদিত প্রত্যেকটি যৌগকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে কি হয় ?

(c) নিম্নলিখিত জৈব যৌগগুলির স্বতন্ত্রীকরণের জন্য প্রতিক্ষেত্রে একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর—

(i) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড ও অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড,

(ii) ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যাসিটিক অ্যাসিড। $7+4+4=15$

12. (a) নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ। (i) সমগণীয় শ্রেণী,

(ii) সন্ধান প্রক্রিয়া (Fermentation Process),

(iii) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড।

(b) কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস দেখাও। মিথেন অণুর H—C—H কোণ; ইথিলিনের H—C=C কোণ ও এ্যাসিটিলিনের H—C≡C কোণের মান কত ?

(c) মেথিলেটেড স্পিরিট কি ? $4\times3+2+1=15$

OLD SYLLABUS (1986)

Group—A (যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

1. তেজস্ক্রিয়তা কাহাকে বলে ? কোন তেজস্ক্রিয় মৌলিক পদার্থ দ্বারা বিকীর্ণ তিনটি তেজস্ক্রিয় রশ্মির নিম্নলিখিত চরিত্রগুলির তুলনা কর—

(a) গতিয় শক্তি, (b) তেজস্ক্রিয় রশ্মিগুলির উপর তড়িৎ ও চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব, (c) আয়নিত করিবার ক্ষমতা।

একটি তেজস্ক্রিয় মৌল $^{227}_{89}X$ হইতে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ফলে $^{211}_{87}Z$ মৌলে পরিণত হইল। কয়টি α কণা ও কয়টি β কণা নির্গত হইয়াছিল ? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। $2+6+2=10$

2. পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী পর্যায় সূত্রটি বিবৃত কর। পর্যায় সারণীর বাম দিক হইতে ডান দিকে এবং উপর হইতে নীচের দিকে অগ্রসর হইলে মৌলগুলির নিম্নলিখিত ধর্মগুলি কিভাবে পরিবর্তিত হয় লিখ—

(a) পারমাণবিক আয়তন, (b) যোজ্যতা, (c) তড়িৎ ধনাত্মকতা, (d) জারণ ও বিজারণ ধর্ম। $2+2\times4=10$

3. (a) নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলির সপক্ষে যুক্তি দেখাও—

(i) NH_3-এর তুলনায় PH_3-এর স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম।

(ii) HF-এ হাইড্রোজেন বন্ধন সম্ভব, কিন্তু HCl-এ সম্ভব নয়।

(iii) NH_4OH একটি মৃদু ক্ষার।

(b) অসমযোজ্যতা কাহাকে বলে ? উহার সহিত সমযোজ্যতা ও তড়িৎ যোজ্যতার তুলনা কর। $2\times3+4=10$

4. ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রাবলী উল্লেখ কর। একই পরিমাণ তড়িৎ (i) $AgNO_3$ দ্রবণ (ii) $CuSO_4$ দ্রবণ ও (iii) সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত জলের মধ্য দিয়া পরিচালনা করা হইল। যে সময়ে অ্যাসিড মিশ্রিত জল হইতে N.T.P,-তে 112 c.c. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তখন কত পরিমাণ Ag এবং কত পরিমাণ Cu উৎপন্ন হইবে ? [Silver=108 ; Copper=63·5] $4+6=10$

Group—B (যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

5. (a) সংকেত সহ তামার দুইটি আকরিকের নাম লিখ।
(b) অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য বক্সাইটের বিশুদ্ধিকরণ ও বিশুদ্ধ বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি দাও। (নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়ামের বিশুদ্ধিকরণের প্রয়োজন নাই) $2+8=10$

6. (a) সমীকরণ সহ কি ঘটে বল—
(i) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ ; দস্তা চূর্ণ ও কস্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল। (ii) অতিরিক্ত CO_2 ক্রমে ক্রমে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণে চালনা করা হইল। (iii) গলিত কস্টিক সোডার মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করা হইল। (iv) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রণের শীতল দ্রবণের মধ্যে ধীরে ধীরে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হইল। (v) কিউপ্রাস অক্সাইডকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। $2\times5=10$

7. (a) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? প্রয়োজনীয় সমীকরণ দাও। (যে কোন দুইটি) (i) গ্রীন ভিট্রিয়ল, (ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, (iii) কিউপ্রাস ক্লোরাইড।
(b) কিরূপে প্রমাণ করিবে যে— (i) চুনাপাথরে কার্বন আছে এবং,
(ii) প্লবার সল্টে সালফার আছে। $3\times2+2\times2=10$

Croup—C (৪নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

8. (a) একটি জৈব যৌগে (A) 40%C, 6·6%H এবং অক্সিজেন আছে। উহার আণবিক ওজন 30· (A) ফিনাইল হাইড্রোজেন (B) গঠন করে এবং ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করে। কস্টিক সোডার গাঢ় জলীয় দ্রবণের সহিত (A)-কে গরম করিলে উহা হইতে একটি জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ (C) এবং একটি প্রশম জৈব যৌগ (D) উৎপন্ন হয়। (A), (B), (C) ও (D)-এর গঠন-সংকেত তোমার যুক্তি সহ দাও।
(b) সমীকরণ সহ (A)-এর ফেলিং দ্রবণের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার বর্ণনা কর। $8+2=10$

9. (a) $C_4H_{10}O$ আণবিক সংকেতবিশিষ্ট সকল যৌগগুলির আণবিক গঠন ও নাম লিখ।
(b) নিরবচ্ছিন্ন ইথার প্রস্তুতি নিয়মে কিভাবে ইথার প্রস্তুত হয় বর্ণনা কর। $10+5=15$

10. (a) পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন কিভাবে প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর। অ্যাসিটিলিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করিবে ? বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও—
(a) ইথাইল অ্যালকোহল, (b) n-বিউটেন, (c) অ্যাসিটোন, (d) ইথাইল অ্যাসিটেট, (e) বেনজিন। $5+2\times5=15$

11. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।
(b) অ্যানিলিন হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে তৈয়ার করিবে ? (i) টলুইন, (ii) নাইট্রোবেনজিন, (iii) বেনজোয়িক অ্যাসিড, (iv) ফেনল। $7+2\times4=15$

12. (a) নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ—
(i) সমগণীয় শ্রেণী, (ii) সন্ধান প্রক্রিয়া, (iii) পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড।
(b) কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। মিথেন অণুর H—C—H কোণ, ইথিলিনে H—C=C কোণ ও অ্যাসিটিলিনে H—C≡C কোণের মান কত ?
(c) মেথিলেটেড স্পিরিট কি ? $4\times3+2+1=15$

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

CHEMISTRY (New Syllabus) Second Paper—1988

ক—বিভাগ (যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

1. (a) রাদারফোর্ডের আলফা-কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই পরীক্ষা হইতে রাদারফোর্ড কি কি সিদ্ধান্তে উপনীত হন ?

(b) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য কি ?

(c) p-উপকক্ষের আকার কেমন ? উহা সবচেয়ে বেশী কয়টি ইলেকট্রন ধারণ করিতে পারে ? আইসোটোপ ও আইসোবারের মধ্যে পার্থক্য কি ? $5+2+2+2=11$

2. (a) মেণ্ডেলিফের পর্যায়সূত্রটির সংজ্ঞা লিখ। আধুনিক পর্যায়সূত্রের সঙ্গে ইহার পার্থক্য কি ?

(b) S-ব্লক মৌলসমূহ বলিতে কি বুঝ ?

(c) রসায়ন অধ্যয়নে পর্যায়সারণীর উপযোগিতা আলোচনা কর। $3+2+6=11$

3. (a) ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর সংজ্ঞা দাও।

নিম্নলিখিত জোড়গুলির মধ্যে কোনগুলি বিক্রিয়া করিবে লিখ। যেগুলি বিক্রিয়া করিবে তাহাদের বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও ঃ

(i) $Cu + Fe^{2+}$ (ii) $Cu^{2+} + Mg$,

(iii) $Zu + Fe^{2+}$ (iv) $Mg + Ag^{+}$

(b) জারণসংখ্যা পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সমতা স্থাপন কর ঃ

(i) $C + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$

(ii) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$ $6+5=11$

অথবা, (a) ভর-সংখ্যা এবং পারমাণবিক সংখ্যার মধ্যে পার্থক্য দেখাও।

(b) নিষ্ক্রিয় গ্যাস-কাঠামো কি ? আর্গন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের একটি নকশা অঙ্কন কর।

(c) ফ্লুওরিন এবং ক্লোরিন মৌল দুইটির মধ্যে কোনটি বেশী তড়িৎ-ঋণাত্মক এবং কেন ?

(d) জল (H_2O) তরল কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) গ্যাস—কেন ? $2+4+3+2=11$

খ—বিভাগ (যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

4. (a) আকরিকের গাঢ়ীকরণ বলতে কি বুঝ ? আকরিকের গাঢ়ীকরণে ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে লিখ। (b) ধাতুর তড়িৎ-বিশোধন বর্ণনা কর। $6+5=11$

5. (a) সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কিভাবে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয় ? সোডিয়ামের দুইটি ব্যবহার লিখ।

(b) সোডিয়াম ধাতু বায়ুতে রাখিয়া দিলে কি ঘটে ? সমীকরণসমূহসহ লিখ। $7+4=11$

6. কি ঘটে, সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর ঃ

(a) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড এবং কার্বনের উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল ;

(b) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ দেওয়া হইল ;

(c) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণে ফেরাস সালফেট দ্রবণ যোগ করা হইল ; (d) ব্লু ভিট্রিয়ল উত্তপ্ত করা হইল। $3+3+3+2=11$

অথবা, (a) বক্সাইট হইতে সাধারণ ফিটকিরি প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

(b) প্লাস্টার অফ প্যারিসের উৎপাদনের শিল্পপদ্ধতি সংক্ষেপে লিখ।

(c) সাধারণ ফটকিরি এবং প্লাস্টার অফ প্যারিসের ব্যবহার লিখ। $5+4+2=11$

গ—বিভাগ (যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

7. (a) সমগোত্রীয় শ্রেণী কি ? কার্বক্সিলিক অ্যাসিডের সমগোত্রীয় শ্রেণীর প্রথম তিনটি সদস্য যৌগের নাম, আণবিক সংকেত এবং গঠন-সংকেত লিখ।

(b) গঠনঘটিত সমাবয়বীয় সংজ্ঞা দাও। C_4H_{10}-এর সম্ভাব্য সকল গঠনঘটিত সমাবয়বীগুলির সংকেত লিখ। 7+5=12

8. (a) অসম্পৃক্ত যৌগ কি ? অসম্পৃক্ততার পরীক্ষাগুলি কি কি ?

(b) পরীক্ষাগারে ইথিলীন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহা কিভাবে বিশুদ্ধ করা হয় ? 7+5=12

9. পার্থক্য দেখাও (যে কোন দুইটি) ঃ 6+6=12

(a) পলিমেরাইজেশন এবং কনডেনসেশানের মধ্যে ;

(b) অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং অ্যাসিটোনের মধ্যে ;

(c) অ্যালিফ্যাটিক যৌগ এবং অ্যারোম্যাটিক যৌগের মধ্যে।

(10) (a) IUPAC পদ্ধতি অনুসারে নাম লিখ ঃ 3+4+5=12

(i) $H_3C-\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ (ii) HCHO

(b) অ্যাসিডিক এবং প্রশম বিজারণে নাইট্রোবেনজিন হইতে কি কি যৌগ পাওয়া যায় ?

(c) অ্যানিলিন হইতে বেনজিন এবং বেনজিন হইতে অ্যানিলিন কিভাবে পাওয়া যায় ?

11. (a) আলকাতরা কি ? ইহা হইতে ফেনল কিভাবে পৃথক করা হয় ? ফেনলের ব্যবহার লিখ। (b) ফেনল ইথানল অপেক্ষা বেশী অম্লধর্মীয় কেন ? 9+3=12

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1988

১। CuO কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় কিন্তু CaO হয় না কেন? ২

২। খোলা বায়ুতে $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ উদ্‌ত্যাগী কিন্তু $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ উদ্‌গ্রাহী—কেন? ২

৩। কোন্ অবস্থায় কপার নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেনকে মুক্ত করে? সংশ্লিষ্ট সমীকরণ লিখ। ২

৪। CO কিরূপ অবস্থায় NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করে? উৎপন্ন পদার্থের নাম লিখ। ২

৫। SO_2-এর সহিত মিশ্রিতাবস্থা হইতে রাসায়নিক পদ্ধতিতে কিরূপে CO_2কে পৃথক করিবে? ২

৬। শীতল জলপূর্ণ একটি বীকারকে বুনসেন শিখার উপর বসানো মাত্র বীকারটি ধোঁয়াটে হয় কেন? ২

৭। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে জল সহ ফুটানো হইলে কি ঘটে সমীকরণ সহ বল। ২

৮। ফরমালডিহাইড অ্যামোনিয়ার সহিত কিরূপ বিক্রিয়া করে? ২

৯। A, B, C, D দ্বারা নির্দেশিত যৌগগুলির নাম লিখঃ ২

$$(CH_3)_2CO \xrightarrow{O} A \xrightarrow{Ca(OH)_2} B \xrightarrow[\text{শুষ্ক পাতন}]{+(HCOO)_2Ca} C \xrightarrow{HCN} D.$$

১০। সোডিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়নের মধ্যে আয়নীয় বন্ধন পটাসিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়নের মধ্যে আয়নীয় বন্ধন অপেক্ষা অধিক দৃঢ়।—কেন?

১১। সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ তড়িৎ-পরিবাহী কিন্তু সকল তড়িৎ-পরিবাহী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ নয়।—উক্তির সমর্থনে উদাহরণ দাও। ২

উপরের সমীকরণ দুইটি হইতে গণনা কর 1 সি. সি. নরমাল S_2O_3 -এর দ্রবণ কত গ্রাম কপারের সমতুল্য। যুক্তি দাও। (কপারের পারমাণবিক গুরুত্ব=63·54)

১২। $2Cu^{++} + 4I^- = Cu_2I_2 + I_2$
$2S_2O_3^{=} + I_2 = S_4O_6^{=} + 2I^-$

১৩। উচ্চ তাপমাত্রায় (1150°C) ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে সিলিকা অধিক তীব্র অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রতিস্থাপিত করে। সমীকরণ সহ যুক্তি দাও। ২

১৪। ইথিলীন গ্যাস পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের শীতল, লঘু, ক্ষারীয় দ্রবণের মধ্যে চালনা করিলে বেগুনী বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়।—কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

১৫। অ্যানিলিন মিথাইল অ্যামিনের তুলনায় একটি মৃদু ক্ষার।—ব্যাখ্যা কর। ২

১৬। ইথেন অণুতে কোন্ বন্ধন অধিকতর দৃঢ় এবং কেন? ২

C—H, C—C.

১৭। 180°C—200°C উষ্ণতায় অ্যানিলিন এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে? সমীকরণ দাও। ২

১৮। পার্থক্য নিরূপণ করঃ ১+১

(ক) প্রোপিন এবং প্রোপাইন; (খ) 1-প্রোপানল এবং 2-প্রোপানল।

১৯। 3·5 mg. ওজনের $_6C^{14}$-এ কত সংখ্যক নিউট্রন আছে? ২

২০। 'ঘনত্ব' এবং 'বাষ্পীয় ঘনত্বের' মধ্যে পার্থক্য কি? ২

২১। পদার্থবিজ্ঞানীর স্কেলে পারমাণবিক গুরুত্ব এবং রাসায়নিক পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে পার্থক্য কি এবং উহাদের মধ্যে সম্বন্ধ কি? ২

২২। H_2 প্রস্তুতকরণে Zn-এর সহিত গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় না কেন? এমন একটি বিক্রিয়া দেখাও যেখানে H_2 জারক পদার্থের মত কাজ করে। ২

২৩। নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রাস অক্সাইডের গ্যাস মিশ্রণ হইতে উহাদিগকে কিভাবে পৃথক করিবে? ২

২৪। একটি তরল সোডিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রবণের সহিত বুজ্ বুজ্ শব্দে বুদ্বুদন করে এবং পরীক্ষানলের মুখটি বার্নারে ধরিলে বহিরাগত গ্যাসটি নীল শিখা সহ জ্বলে। তরলটিকে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করাইলে ধূসর অধঃক্ষেপ দেয়। তরলটির পরিচয় সম্বন্ধে তুমি কি সিদ্ধান্তে আসিতে পার? ২

২৫। কার্বন মনোক্সাইডকে কিভাবে অক্সালিক অ্যাসিডে পরিণত করিবে? ২

২৬। (ক) যৌগগুলির নাম উল্লেখ করিয়া দেখাও যে সালফারের জারণ-মাত্রা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয়ই হইতে পারে। ২

(খ) আয়রন-এর একটি যৌগের নাম কর যাহাতে ঐ ধাতুর জারণ মাত্রা +6। ১

(গ) জারণ-মাত্রার নীতি অনুসরণে Cu ও তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া সমীকরণের আকারে লিখ। ২

২৭। (ক) 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর সহিত 230 ঘঃ সেমি N/10 CHl মেশানো হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 8 ঘঃ সেমি 0·45 (N) NaOH প্রয়োজন হয়। প্রদত্ত নমুনায় বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর শতকরা ভাগ নির্ণয় কর। ২

(খ) CO_2 গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত পটাসিয়াম ফেলিলে কি হয়? যে বিক্রিয়াটি ঘটে তাহাতে CO_2-এর রাসায়নিক ভূমিকা কি? ২

(গ) এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ যাহাতে NH_3 বিজারকরূপে কাজ করে। ১

২৮। (ক) আলোকের উপস্থিতিতে ক্লোরোফরম অক্সিজেনের সহিত কিরূপ বিক্রিয়া করে? ক্লোরোফরম হইতে কিরূপে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায়? ২

(খ) CO, CH_4 ও H_2-এর মিশ্রণের 100 ঘঃ সেমিকে 300 ঘঃ সেমি অক্সিজেন সহ বিস্ফোরিত করা হইল। শীতল করায় মিশ্রণের আয়তন হইল 285 ঘঃ সেমি। উহা KOH-এর সংস্পর্শে সংকুচিত হওয়ায় 205 ঘঃ সেমি শুধু অক্সিজেন পড়িয়া রহিল। গৃহীত মিশ্রণের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। সমস্ত আয়তন প্রমাণ অবস্থা নির্দেশক। ৩

২৯। (ক) A, B, C, D, E এবং F যৌগগুলির নাম করঃ ৩+২

(১) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} [A]$

(২) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[40°C]{MnO_2,\ 60\%H_2SO_4} [B]$

(৩) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C-5°C]{NaNO_2,\ HCl} [C] \xrightarrow{H_3PO_2} [D]$

(৪) $CH \equiv CH \xrightarrow[Pd\text{-}CaCO_3/Lead\ acetate]{Hydrogen} [E] \xrightarrow[Ag,\ উত্তাপ]{\frac{1}{2}O_2} [F]$

(খ) ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ হইতে কি উপায়ে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়? ২+২+১

৩০। (ক) একটি ছোট জলের ফোঁটাতে 5×10^{20} সংখ্যক জলের অণু আছে। যদি জলের ঘনত্ব 1·0 গ্রাম প্রতি সি. সি. হয় তাহা হইলে ফোঁটার আয়তন কত?

(খ) অক্সালিক অ্যাসিড হইতে পরীক্ষাগারে কিভাবে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয়? (চিত্রের প্রয়োজন নাই।)

(গ) অধিক তাপমাত্রায় এবং চাপে কার্বন মনোক্সাইড সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিলে কি ঘটিবে? সমীকরণ দাও। ২+২+১

৩১। একটি প্রশম জৈব যৌগের [A] আণবিক সংকেত $C_4H_8O_2$। লঘু H_2SO_4-এর সহিত ফুটাইলে [A] দুইটি জৈব যৌগ [B] এবং [C] উৎপন্ন করে। $I_2/NaOH$-এর সহিত বিক্রিয়া ঘটাইলে [C] যৌগটি আয়োডোফর্ম দেয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির শেষে [B] যৌগটি মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

$$[B] \xrightarrow{PCl_5} [D] \xrightarrow{NH_3} [E] \xrightarrow{Br_2/NaOH} [F] \xrightarrow{HNO_2} CH_3OH$$

A, B, C, D, E এবং F যৌগগুলির নাম কর এবং বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর। [E] যৌগকে NaOH দ্রবণের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে? ৫

৩২। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখঃ

(ক) সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল;

(খ) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ক্ষারীয় দ্রবণে ব্রোমিন মিশান হইল;

(গ) ফসফরাস অ্যাসিড সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে যুক্ত করা হইল;

(ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেন গ্যাসের সহিত উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে স্টীম দ্বারা বিয়োজিত করা হইল। ১+১+১+২

৩৩। 1 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু 4·96 গ্রাম সোদক সালফেট উৎপন্ন করে। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব 56। 1 গ্রাম সোদক সালফেটকে উত্তপ্ত করিলে 0·453 গ্রাম কেলাস জল ত্যাগ করে এবং অনার্দ্র হয়। সোদক সালফেটের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। ৫

৩৪। একটি হাইড্রোকার্বন যৌগ (X) ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণকে শীতল অবস্থায় বর্ণহীন করে এবং $HgSO_4$ সমন্বিত উষ্ণ লঘু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করাইলে অপর একটি যৌগ (Y)তে পরিণত হয়। (Y) আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় কিন্তু টোলেন বিকারকের সহিত বিক্রিয়া করে না। (Y)কে 80% H_2SO_4-এর সহিত পাতিত করিলে সিম্ ট্রাইমিথাইল বেঞ্জিন দেয়। (X) এবং (Y) যৌগদ্বয় সনাক্ত কর এবং যুক্তি দ্বারা বিক্রিয়াগুলি লিখ। ৫

৩৫। (ক) নিম্নলিখিত যৌগগুলির রূপান্তর একধাপে কিভাবে করিবেঃ ৩+২

(১) ফেনল হইতে অ্যানিলিন; (২) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড; (৩) ডাই-ইথাইল ইথার হইতে ইথাইল অ্যালকোহল।

(খ) কি ঘটে যখন সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন গ্যাসকে অ্যাসিটোনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয় যতক্ষণ পর্যন্ত উহা আর গ্রহণ করিতে না পারে এবং এই অবস্থায় উহাকে কিছুক্ষণ রাখা হয়।

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1989

CHEMISTRY (Second Paper)

Group—A

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

1. (a) রাসায়নিক পরিবর্তন এবং তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনের মধ্যে পার্থক্য কি কি ? (যে কোন চারটির উল্লেখ কর)

(b) $A \xrightarrow{-\alpha} {}^{223}B_{87} \xrightarrow{-\beta} C \xrightarrow{-\beta} D$

(i) উপরে লিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনটি সম্পূর্ণ কর। (ii) 'A' এবং 'D' মৌলের মধ্যে সম্পর্ক কি ? (iii) 'A' মৌলটি পর্যায় সারণীর তৃতীয় শ্রেণীভুক্ত হইলে, 'C' মৌলটি কোন্ শ্রেণীতে বসিবে ?

(c) তেজস্ক্রিয় বিকিরণে বিটা (β) কণিকাগুলি পরমাণুর কোন্ অংশ হইতে আসে ? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও। $4+2+1+1+2=10$

2. (a) বোরের পারমাণবিক গঠনতত্ত্বের বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ।

(b) 'পরমাণুর বেশীর ভাগ স্থানই শূন্য। ইহার কেন্দ্র পরমাণুর আয়তনের খুব কম অংশ দখল করে এবং কেন্দ্রেই সমস্ত ধনাত্মক আধান থাকে।' এই তথ্যগুলি রাদারফোর্ড কিভাবে প্রমাণ করেন ?

(c) নীচের মৌল দুইটির পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও : K (atomic no.=19) ; Fe (atomic no.=26) এই দুইটি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসে কি বিশেষত্ব লক্ষ্য করা যায় ?

(d) নিউট্রন নাই এমন একটি পরমাণুর নাম কর। H^- আয়নের মধ্যে কয়টি প্রোটন ও কয়টি ইলেকট্রন আছে ? $2+3+3+(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2})=10$

3. (a) নিম্নলিখিত উক্তিগুলির স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও :

(i) মৌলের মৌলিকত্ব পরমাণু ক্রমাঙ্কের উপর নির্ভর করে।

(ii) পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনকে কোন বিশেষ শ্রেণীভুক্ত করা যায় না।

(iii) পর্যায় সারণীর IA এবং VIIB শ্রেণীভুক্ত মৌলগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশী।

(iv) পর্যায় সারণীর যে কোন পর্যায়ে বাম দিক হইতে ডান দিকে যাইতে মৌলগুলির ধাতবগুণ ক্রমশঃ হ্রাস পায় এবং যে কোন শ্রেণীতে উপর হইতে নীচে যাইতে ধাতবগুণ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়।

(b) d-Block মৌলের যে কোন দুইটি বিশেষ ধর্মের উল্লেখ কর।

$2+3+2+2+1=10$

4. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে বন্ধনীর প্রকৃতি নির্দেশ কর :

NH_4Br, $AlCl_3$, $FeCl_3$, $(HF)_2$

(b) CO_2 and SO_2 অণু দুইটির মধ্যে কোন্‌টি ধ্রুবীয় এবং কেন ?

(c) (i) নিম্নলিখিত বিক্রিয়া দুইটি জারণ বিজারণ বিক্রিয়া কিনা তাহা জারণ সংখ্যার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর :

$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$
$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu.$$

(ii) নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়া দুইটির প্রত্যেকটিতে কোন্ বিক্রিয়কটি (সমীকরণের বামদিকে) বিজারিত হইয়াছে তাহা জারণ সংখ্যা দ্বারা দেখাও।

$$2KI + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + I_2 + 2H_2O + SO_2$$
$$2Na + H_2 = 2NaH$$

(d) মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (Electronegativity) বলিতে কি বুঝা যায় ? $2+5=10$

Group - B

(যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও।)

5. (a) হিমাটাইট থেকে মারুতচুল্লীর সাহায্যে কাস্ট আয়রণ প্রস্তুতির বিষয়ে নিম্নলিখিত তথ্যগুলি পরিবেশন কর :

(i) পদ্ধতিতে মুখ্য কাঁচামালগুলির নাম। (ii) প্রত্যেকটি কাঁচামালের ও বাতাসের ভূমিকা। (iii) লৌহ নিষ্কাশনের সময় মারুতচুল্লীতে যে রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ঘটে তাহার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ।

(b) Amalgam কি ? $1+4+4+1=10$

6. কারণ দেখাও :

(a) $AlCl_3, 6H_2O$-কে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র $AlCl_3$ উৎপন্ন হয় না।

(b) উত্তপ্ত লৌহের উপর ক্লোরিন গ্যাস পরিচালনা করিলে ফেরাস ক্লোরাইড পাওয়া যায় না।

(c) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয় না।

(d) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম প্রস্তুতিতে বেশ কিছু পরিমাণ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মেশান হয়।

(e) গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড হইতে ক্যালসিয়াম প্রস্তুতিতে ফ্লোরস্পার (Fluorspar) মেশান হয়। $2\times5=10$

7. (a) নিম্নলিখিত বস্তুগুলির প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর :

(i) প্লাস্টার অব প্যারিস (Plaster of Paris).

(ii) সোডিয়াম কার্বনেট (অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতি) প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি দাও।

(b) সমীকরণসহ কি ঘটে লিখ :

(i) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করা হইল।

(ii) ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$) উচ্চ তাপমাত্রাতে উত্তপ্ত করা হইল। $3\times2+2\times2=10$

Group—C

(8 নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন দুইটি প্রশ্নের উত্তর দাও)

8. (a) IUPAC পদ্ধতিতে নাম লিখ :

(i)
```
      CH3
      |
CH3 — C — OH
      |
      CH3
```

(ii)
```
CH3 — CH — CHO
      |
      CH3
```

(iii) $C_2H_5OC_2H_5$ (iv) $CH_3COO\ CH_3$

(b) একটি প্রশম তরল পদার্থ 'A', $C_4H_6O_3$, ইথানলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি প্রশম যৌগ 'B', $C_4H_8O_2$ এবং একটি আম্লিক যৌগ 'C', $C_2H_4O_2$ উৎপন্ন করে। 'C' ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 'D' যৌগটি উৎপন্ন করে। সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সহিত বিক্রিয়ার ফলে 'D' 'A'-তে রূপান্তরিত হয়। যুক্তিসহ 'A', 'B', 'C' এবং 'D'-কে সনাক্ত কর। $4+6=10$

9. (a) পরীক্ষাগারে কি ভাবে ডাই ইথাইল ইথার প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর।

(b) নিম্নলিখিত রূপান্তরে প্রয়োজনীয় বিকারকদের নাম সহ ধাপগুলি লিখ।

(i) মিথাইল অ্যালকোহল→ইথাইল অ্যালকোহল

(ii) ইথাইল অ্যালকোহল→মিথাইল অ্যালকোহল

(c) অ্যাসিটাইলিনের আম্লিকতা কি ভাবে প্রমাণ করিবে ?

(d) 'Oil of Wintergreen'—কি ? $6+3\times2+2+1=15$

10. (a) পাইরোলিগনাস অ্যাসিড হইতে কিভাবে গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয় তাহা বর্ণনা কর।

(b) জৈব রসায়নে নিম্নলিখিত বিকারকদের ব্যবহার একটি করিয়া উদাহরণসহ বল।

(i) কস্টিক সোডা ও ব্রোমিন ($NaOH + Br_2$) (ii) $LiAlH_4$

(c) নিম্নলিখিত যৌগগুলি নির্দেশমত কি ভাবে প্রস্তুত করিবে ?

(i) ফেনল হইতে বেন্‌জিন, (ii) অ্যানিলিন হইতে বেন্‌জিন $7+4+4=15$

11. (a) হাল্কা তেল [যাহা আলকাতরার আংশিক পাতনে পাওয়া যায় B.P. up to 170°C] হইতে কি ভাবে বেন্‌জিন পাওয়া যায় ?

(b) নিম্নলিখিত গ্রুপগুলি কি ভাবে বেন্‌জিন বলয়ে প্রবেশ করাইবে ?

(i) $-CH_3$, (ii) $-NO_2$, (iii) $-SO_3H$.

(c) নিম্নলিখিত জৈব জোড়গুলির স্বতন্ত্রীকরণের জন্য একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর—

(i) ফর্মিক অ্যাসিড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড

(ii) ইথাইল অ্যালকোহল ও মিথাইল অ্যালকোহল

(d) এক মোল অ্যানিলিনকে ব্রোমিন দ্বারা সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করিতে কত মোল ব্রোমিন লাগিবে ? $4+2\times3+2\times2+1=15$

12. (a) মার্কনিকফের সূত্রটি বিবৃত কর, একটি উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। কোন্ অবস্থায় ইহার ব্যতিক্রম ঘটে ?

(b) টীকা লিখ : (i) ফেলিং দ্রবণ, (ii) মেটামেরিজম্ (Metamerism), (iii) উর্ৎজ বিক্রিয়া (Wurtz reaction)

(c) নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি সম্পন্ন করিতে যে যে বিকারক প্রয়োজন হয় তাহাদের নাম লিখ :

(i) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড→অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড

(ii) অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড→ইথাইল অ্যাসিটেট

(iii) ইথাইল ব্রোমাইড→ইথিলিন

(iv) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড→অ্যাসিটামাইড

(v) অ্যাসিটামাইড→ইথাইল অ্যামিন $4+2\times3+5=15$

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1989

CHEMISTRY

প্রতিটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হইবে।

দক্ষিণপ্রান্তস্থ অংকগুলি প্রতি প্রশ্নের মান-নির্দেশক।

1. নিম্নলিখিত আয়নগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ : 2

(i) Cu^{3+} (ii) N^{3-}

2. নিম্নলিখিত দুইটি যৌগে 'রাসায়নিক বন্ধন' কি নির্দেশ কর। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে ইলেকট্রনিক গঠন বল : (i) Cl_2O (ii) CaC_2

3. "হীরক তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে না, কিন্তু গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবহন করে, যদিও উভয়ই কার্বনের রূপভেদ"—কারণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

4. নিম্নলিখিত দ্রবণের কোন্‌টির নর্মালিটি মাত্রা বেশী? 2

(a) 0·0356 গ্রাঃ মিলি$^{-1}$-এর HCl দ্রবণ;

(b) 0·098 গ্রাঃ মিলি$^{-1}$-এর H_2SO_4 দ্রবণ।

5. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি আলফা ও বিটা কণিকা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর ঃ 2

$$_{92}X^{238} \longrightarrow {}_{82}Z^{206}$$

6. "অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন যৌগ কিন্তু হাইড্রোজেন যৌগ মাত্রেই অ্যাসিড নহে"—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

7. নীচের টাইট্রেশনে নির্দেশকের নাম এবং সমাপ্তি বিন্দুতে রঙের পরিবর্তন উল্লেখ কর ঃ 2

(a) সোডিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা;

(b) অক্সালিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দ্রবণের দ্বারা।

8. $CaCO_3$-কে মুক্তস্থানে এবং আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যাইবে কেন? 2

9. একটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের পার্থক্য বিচার কর। উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি? 2

10. (a) লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার এককে সার্বজনীন ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর।

(b) 1000 লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বেলুনকে 30°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে হইবে। কত কম পরিমাণ লৌহের সাহায্যে এই হাইড্রোজেন উৎপাদন করা সম্ভব? [Fe. 56] 1+4

11. (a) সমান ওজনের KOH এবং NaOH-কে আলাদাভাবে একটি প্রদত্ত অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হইল। কোন্ ক্ষেত্রে অ্যাসিডের পরিমাণ বেশী লাগিবে? 2+3

(b) 0·12 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে 25 cc (N/2) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করার পর যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহা সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে 25 cc (N/10) NaOH প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। 2+3

12. (a) 'এক ফ্যারাডে' বলিতে কি বোঝা যায়? ব্যাখ্যা কর।

(b) 100 মিলি 0·4 M $CuSO_4$ দ্রবণ 50 মিনিট ধরিয়া 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। তড়িৎ-দ্বারে বিক্রিয়া ঃ

ক্যাথোড ঃ $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$; অ্যানোড ঃ $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় দ্রবণের আয়তনের পরিবর্তন হয় না, এই ধারণা করিয়া Cu^{2+}, H^+ এবং $SO_4{}^{2-}$-এর মোলার শক্তি (তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর) নির্ণয় কর। 1+4

13. বোরিক অ্যাসিডকে সরাসরি ক্ষারের সহিত টাইট্রেট করা যায় না কেন? কিভাবে বোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়—নির্দেশ কর। রাসায়নিক সমীকরণসহ তোমার উত্তর সংক্ষিপ্তভাবে দাও। 2

14. জলীয় দ্রবণে H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারীয়, কিন্তু H_3PO_3 দ্বি-ক্ষারীয়—কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? 2

15. "ফ্লুরাইডের রাসায়নিক জারণ দ্বারা ফ্লুরিন প্রস্তুত করা যায় না"—কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? 2

16. একটি রুদ্ধ ভিট্রিওলের নমুনায় সামান্য ফেরাস সালফেট মিশ্রিত আছে। এরূপ নমুনার রুদ্ধ ভিট্রিওল হইতে বিশুদ্ধ কপার সালফেট কিভাবে পাওয়া যাইতে পারে? 2

17. উত্তপ্ত না করিয়া কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করিবে সমীকরণসহ বুঝাইয়া দাও। 2

18. অক্সিজেন গ্যাসকে ওজনে পরিবর্তিত করিতে শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের সাহায্য লওয়া হয় কেন? 2

19. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। 2

20. নিম্নলিখিত ধাতুগুলির মধ্যে কোন্‌টি লঘু (dilute) HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করে কিন্তু জলের সহিত করে না? 2

(a) Ag (b) Na (c) Ni (d) Ca—কারণ দেখাও।

21. নিম্নলিখিত S-যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টিতে সালফার শুধুমাত্র বিজারকরূপে, কোন্‌টিতে শুধুমাত্র জারকরূপে এবং কোন্‌টিতে জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে? 2

(a) H_2S (b) SO_2 (c) H_2S—উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

22. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ: 5

(a) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া করিয়া মিশ্রণটিকে ইথার দিয়া ঝাঁকানো হইল।

(b) ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের সহিত নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যোগ করা হইল।

(c) কঠিন অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটকে অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল।

(d) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রিত দ্রবণে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল।

23. কিভাবে প্রস্তুত করিবে? 5

(a) আয়রন হইতে অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড।

(b) কপার পাইরাইটিস হইতে নীল ভিট্রিয়ল

(c) বক্সাইট হইতে অ্যালাম।

24. (a) সিলিকন ডাই-অক্সাইড শক্ত পদার্থ কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয় পদার্থ—কেন ব্যাখ্যা কর।

(b) সুপার ফসফেট অফ লাইম কাহাকে বলে?

(c) সমীকরণ উল্লেখ করিয়া দেখাও যে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে। 2+1+2

25. (a) একটি ধাতব আয়নের দ্রবণে NH_3-র জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে নিম্নলিখিত-গুলির মধ্যে কোন্‌টি ঘটিবে?

(i) OH আয়নযুক্ত অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইবে।

(ii) NH_3 যুক্ত একটি জটিল আয়ন (Complex ion) তৈরি হইবে।

(iii) দ্রবণে বা আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাইবে।

(iv) (i), (ii), (iii)-এর যে কোন একটি বা সব ক'টি সম্ভব।

উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে বিক্রিয়া লিখ।

(b) দস্তাচূর্ণ সহযোগে $NaNO_3$ এবং NaOH-এর দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে? আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি দ্বারা বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। $2\frac{1}{2}+2\frac{1}{2}$

26. কারণসহ ব্যাখ্যা কর: 2

ফেনল অম্লীয়, কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহল প্রশম, যদিও উভয়ের মধ্যেই—OH গ্রুপ আছে।

27. একটি 'অ্যালকিন' ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ার ফলে এক অণু অ্যাসিটালডিহাইড এবং এক অণু ফরমালডিহাইড দেয়। অ্যালকিনটিকে সনাক্ত কর। 2

3. "হীরক তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে না, কিন্তু গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবহন করে, যদিও উভয়ই কার্বনের রূপভেদ"—কারণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

4. নিম্নলিখিত দ্রবণের কোন্‌টির নর্মালিটি মাত্রা বেশী ? 2

(a) 0·0356 গ্রাঃ মিলি$^{-1}$-এর HCl দ্রবণ ;

(b) 0·098 গ্রাঃ মিলি$^{-1}$-এর H_2SO_4 দ্রবণ।

5. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি আল্‌ফা ও বিটা কণিকা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর ঃ 2

$$_{92}X^{238} \longrightarrow {}_{82}Z^{206}$$

6. "অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন যৌগ কিন্তু হাইড্রোজেন যৌগ মাত্রেই অ্যাসিড নহে"—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

7. নীচের টাইট্রেশনে নির্দেশকের নাম এবং সমাপ্তি বিন্দুতে রঙের পরিবর্তন উল্লেখ কর ঃ 2

(a) সোডিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ;

(b) অক্সালিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দ্রবণের দ্বারা।

8. $CaCO_3$-কে মুক্তস্থানে এবং আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যাইবে কেন ? 2

9. একটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের পার্থক্য বিচার কর। উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? 2

10. (a) লিটার-অ্যাটমস্‌ফিয়ার এককে সার্বজনীন ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর।

(b) 1000 লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বেলুনকে 30°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে হইবে। কত কম পরিমাণ লোহের সাহায্যে এই হাইড্রোজেন উৎপাদন করা সম্ভব ? [Fe. 56] 1+4

11. (a) সমান ওজনের KOH এবং NaOH-কে আলাদাভাবে একটি প্রদত্ত অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হইল। কোন্ ক্ষেত্রে অ্যাসিডের পরিমাণ বেশী লাগিবে ? 2+3

(b) 0·12 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে 25 cc (N/2) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করার পর যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহা সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে 25 cc (N/10) NaOH প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। 2+3

12. (a) 'এক ফ্যারাডে' বলিতে কি বোঝা যায় ? ব্যাখ্যা কর।

(b) 100 মিলি 0·4 M $CuSO_4$ দ্রবণ 50 মিনিট ধরিয়া 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। তড়িৎ-দ্বারে বিক্রিয়া ঃ

ক্যাথোড ঃ $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$; অ্যানোড ঃ $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় দ্রবণের আয়তনের পরিবর্তন হয় না, এই ধারণা করিয়া Cu^{2+}, H^+ এবং $SO_4{}^{2-}$-এর মোলার শক্তি (তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর) নির্ণয় কর। 1+4

13. বোরিক অ্যাসিডকে সরাসরি ক্ষারের সহিত টাইট্রেট করা যায় না কেন ? কিভাবে বোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়—নির্দেশ কর। রাসায়নিক সমীকরণসহ তোমার উত্তর সংক্ষিপ্তভাবে দাও। 2

14. জলীয় দ্রবণে H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারীয়, কিন্তু H_3PO_3 দ্বি-ক্ষারীয়—কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে ? 2

15. "ফ্লুরাইডের রাসায়নিক জারণ দ্বারা ফ্লুরিন প্রস্তুত করা যায় না"—কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে ? 2

16. একটি ব্লু ভিট্রিওলের নমুনায় সামান্য ফেরাস সালফেট মিশ্রিত আছে। এরূপ নমুনার ব্লু ভিট্রিওল হইতে বিশুদ্ধ কপার সালফেট কিভাবে পাওয়া যাইতে পারে ? 2

17. উত্তপ্ত না করিয়া কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করিবে সমীকরণসহ বুঝাইয়া দাও। 2

18. অক্সিজেন গ্যাসকে ওজনে পরিবর্তিত করিতে শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের সাহায্য লওয়া হয় কেন? 2

19. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। 2

20. নিম্নলিখিত ধাতুগুলির মধ্যে কোন্‌টি লঘু (dilute) HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করে কিন্তু জলের সহিত করে না? 2

(a) Ag (b) Na (c) Ni (d) Ca—কারণ দেখাও।

21. নিম্নলিখিত S-যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টিতে সালফার শুধুমাত্র বিজারকরূপে, কোন্‌টিতে শুধুমাত্র জারকরূপে এবং কোন্‌টিতে জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে? 2

(a) H_2S (b) SO_2 (c) H_2S—উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

22. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ: 5

(a) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া করিয়া মিশ্রণটিকে ইথার দিয়া ঝাঁকানো হইল।

(b) ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের সহিত নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যোগ করা হইল।

(c) কঠিন অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটকে অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল।

(d) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রিত দ্রবণে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল।

23. কিভাবে প্রস্তুত করিবে? 5

(a) আয়রন হইতে অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড।

(b) কপার পাইরাইটিস হইতে নীল ভিট্রিয়ল

(c) বক্সাইট হইতে অ্যালাম।

24. (a) সিলিকন ডাই-অক্সাইড শক্ত পদার্থ কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয় পদার্থ—কেন ব্যাখ্যা কর।

(b) সুপার ফসফেট অফ লাইম কাহাকে বলে?

(c) সমীকরণ উল্লেখ করিয়া দেখাও যে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে। 2+1+2

25. (a) একটি ধাতব আয়নের দ্রবণে NH_3-র জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে নিম্নলিখিত-গুলির মধ্যে কোন্‌টি ঘটিবে?

(i) OH আয়নযুক্ত অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইবে।

(ii) NH_3 যুক্ত একটি জটিল আয়ন (Complex ion) তৈরি হইবে।

(iii) দ্রবণে বা আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাইবে।

(iv) (i), (ii), (iii)-এর যে কোন একটি বা সব ক'টি সম্ভব।

উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে বিক্রিয়া লিখ।

(b) দস্তাচূর্ণ সহযোগে $NaNO_3$ এবং NaOH-এর দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে? আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি দ্বারা বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। $2\frac{1}{2}+2\frac{1}{2}$

26. কারণসহ ব্যাখ্যা কর: 2

ফেনল অম্লীয়, কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহল প্রশম, যদিও উভয়ের মধ্যেই—OH গ্রুপ আছে।

27. একটি 'অ্যালকিন' ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ার ফলে এক অণু অ্যাসিটালডিহাইড এবং এক অণু ফরমালডিহাইড দেয়। অ্যালকিনটিকে সনাক্ত কর। 2

28. "ইথাইল অ্যালকোহল জলের সহিত মিশিয়া যায়, কিন্তু ডাই-ইথাইল ইথার মেশে না"—যথাযথ কারণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

29. ক্লোরোফর্মের একটি নমুনার বিশুদ্ধতা কিভাবে পরীক্ষা করিবে ? 2

30. মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের পারস্পরিক রূপান্তরের ধাপগুলি সংক্ষেপে দেখাও। 2

31. নিম্নলিখিত মূলকগুলি কিভাবে বেঞ্জিন বলয়ে প্রবিষ্ট করানো হয় ? 2
(i) $-COOH$, (ii) $-NH_2$

32. Acetic acid এবং Formic acid—এই দুইটি যৌগ ধর্মের পার্থক্য দেখাইতে একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। 2

33. দুইটি সমাবয়বী (আইসোমেরিক) জৈব যৌগ 'A' এবং 'B'-এর আণবিক সঙ্কেত $C_4H_8O_2$। A-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল এবং একটি অ্যাসিড, 'C পাওয়া যায়—'C' হইতে CO_2 সরাইলে (ডিকারবক্সিলেশন) ইথেন পাওয়া যায়। অপরদিকে 'B'-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল এবং একটি অ্যাসিড 'D' পাওয়া যায়—D-কে বিজারিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। A, B, C, D-কে সনাক্ত কর। এই যৌগগুলির (A ও B) অন্য দুইটি সম্ভাব্য সমাবয়বীর উল্লেখ কর। 5

34. নিচের পদার্থগুলির নাম ও সংকেত উল্লেখ কর ঃ 5
(a) একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড যাহার বিজারণধর্ম আছে,
(b) একটি অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড যে ক্যানিজারো বিক্রিয়ার অংশ নেয়,
(c) একটি অসম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন যে মনোসোডিয়াম লবণ গঠন করে,
(d) একটি সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগ যাহাতে ছয়টি কার্বন পরমাণু আছে,
(e) একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল যে আয়োডোফর্ম পরীক্ষায় অংশ নেয়।

35. একটি জৈব যৌগ $C_6H_{12}O_2$-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে একটি একক্ষারকীয় (monobasic) অ্যাসিড (A) এবং একটি অ্যালকোহল (B) তৈরি করে। 1 গ্রাম বিশুদ্ধ A-কে প্রশমিত করিতে 13·5 মিলি নর্মাল (normal) ক্ষার লাগে। অ্যালকোহল (B)-কে জারিত করিলে অ্যাসিড (A) তৈরি হয়। (A)-এর আণবিক ওজন এবং আণবিক সংকেত বাহির কর। A, B এবং মূল যৌগ ($C_6H_{12}O_2$)-কে সনাক্ত কর।

TRIPURA JOINT ENTRANCE EXAMINATION – 1989

১। (ক) সঠিক উত্তর বের কর ঃ একটি বাস্তব গ্যাস খুব উচ্চ উষ্ণতায় ১×৪
(অ) আদর্শ গ্যাস থেকে বেশী আয়তন অধিকার করে একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে
(আ) আদর্শ গ্যাস থেকে কম আয়তন অধিকার করে একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে
(ই) আদর্শ গ্যাসের সমায়তন অধিকার করে একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে।
(খ) নিম্নলিখিতগুলির মধ্যে কোন্‌টির যোজ্যতা-শক্তি সবচেয়ে বেশী ?
(i) F—F, (ii) Br—F, (iii) Cl—F, (iv) I—F
(গ) IUPAC মতে সঠিক নামটি বের কর ঃ
(অ) 2, 2-ডাইমিথাইল ইথানল (আ) 1-হাইড্রক্সি-2-মিথাইল প্রপেন
(ই) 2-মিথাইলপ্রপান-1-অল।
(ঘ) কোন্‌ অণুটির যৌগ গঠনের সময় অষ্টক নীতির (octat rule) ব্যতিক্রম ঘটেছে লেখ ঃ (i) NaCl, (ii) MgO, (iii) BCl_3, (iv) $BeCl_2$

২। পার্থক্য লেখ ঃ ২+২
(ক) অপরাধর্মিতা ও ইলেকট্রন-বন্ধুতা (electron affinity)
(খ) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তন।

৩। 25°C উষ্ণতায় CaF_2 লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে F^- আয়নের গাঢ়ত্ব 0·0078 gm/litre। লবণটির ঐ উষ্ণতায় দ্রাব্যতা-গুণফল গণনা কর। ৪

৪। কত আয়তন 12(N)HCl এবং কত আয়তন 3(N) HCl একসঙ্গে মিশালে 1 litre 6(N)HCl পাওয়া যাবে? ৪

৫। যদি P gms রূপা নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হবার পর AgCl হিসেবে সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণের জন্য Q gms NaCl প্রয়োজন হয় এবং mgm NaCl n gms AgCl উৎপন্ন করে, তবে দেখাও যে, ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার হবে

$$[Ag=108] \qquad 108\left(\frac{qn}{pm}-1\right)$$ ৪

৬। (ক) নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি α ও কয়টি β কণিকা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর :—

$${}_{92}X^{238} \longrightarrow {}_{82}Z^{206}$$

(খ) তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধ আয়ুষ্কাল বলতে কি বোঝা যায়? ২

৭। 100 cc CO, CH_4 এবং H_2 গ্যাসীয় মিশ্রণের সাথে 300 cc অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হ'ল। মিশ্রণটি শীতল করার পর তার আয়তন হল 285 cc। কস্টিক পটাশের সংস্পর্শে আয়তন কমে হল 205 cc। গ্যাসীয় মিশ্রণটির উপাদান-সংযুক্তি (Composition) নির্ণয় কর। ৪

৮। (ক) সঠিক উত্তর বের কর : ১

$A_2(g)+2B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_2(g)+$তাপ, এই বিক্রিয়ায় সাম্য-বিন্দু বাম দিকে সরে যাবে

(অ) চাপ কমালে এবং তাপ বাড়ালে, (আ) চাপ কমালে এবং তাপ কমালে,

(ই) চাপ এবং তাপ বাড়ালে, (ঈ) চাপ বাড়ালে এবং তাপ কমালে,

(উ) বেশী পরিমাণ A_2 গ্যাস যোগ করলে।

(খ) সঠিক উত্তর বের কর : নিম্নলিখিত সাম্য-ধ্রুবকের মানগুলোর কোন্‌টি বিক্রিয়ার পরিপূর্ণতার সবচেয়ে নিকটবর্তী $K=10^{-10}, K=10^{10}, K=1$ ১

(গ) হেবার পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয় : ২

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g), \; \triangle H = 22{\cdot}4KCal$$

তাপ বাড়ালে উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায়, সাম্যাবস্থার উপর কি রকম প্রভাব পড়বে?

৯। ব্যাখ্যা কর : (ক) সোডিয়াম বাই-সালফেটের জলীয় দ্রবণ আম্লিক কিন্তু সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। (খ) লঘু জলীয় দ্রবণে HF, HCl, HBr অপেক্ষা HI তীব্রতর অ্যাসিড কেন? ২+২

১০। যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর : ২

(ক) CO_2 অমেরু যৌগ কিন্তু SO_2 একটি মেরু যৌগ।

(খ) মিথেন অপেক্ষা অ্যামোনিয়া সহজে তরলীভূত হয় কেন? ২

১১। (ক) নীচের সমীকরণটিতে কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারক—কারণসহ নির্দেশ কর : $(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$ ২

(খ) এমন একটি বিক্রিয়া দেখাও যেক্ষেত্রে অক্সিজেনের সংযুক্তির ফলে বিজারণ ঘটেছে। ২

১২। (ক) কপার সালফেট দ্রবণে 100 মিনিট ধরে 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পাঠালে ক্যাথোডে যে পরিমাণ কপার জমা হয় তার মধ্যে উপস্থিত ইলেকট্রন সংখ্যা বের কর। (Cu = 63·5)(খ) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে, কি ঘটবে লেখ। ২+২

১৩। (ক) বিভিন্ন হ্যালাইড লবণ একটি তাকের উপর সাজানো আছে। তার মধ্যে একটি বোতল পাওয়া গেল যার লেবেলে দেখা যাচ্ছে সোডিয়াম ——, রেখা চিহ্নিত অংশটুকু অস্পষ্ট। হ্যালাইডটি সনাক্ত করার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। ২

(খ) বোর‍্যাক্স কিউপ্রিক অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে কি ঘটবে লেখ। ২

১৪। (ক) আর্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করে অনার্দ্র লবণ তৈরি করা সম্ভব নয় কেন ব্যাখ্যা কর। (খ) ব্লাস্ট-ফারনেসে আয়রন নিষ্কাশনে বাত্যা-প্রবাহের ভূমিকা কি? ২+২

১৫। (ক) নীচের পরমাণুগুলি থেকে আইসোটোপ আইসোবার ও আইসোটোনগুলি বের কর: $_{17}Cl^{35}$, $_{20}Ca^{40}$, $_{19}K^{40}$, $_{17}Cl^{37}$ ৩

(খ) 24-পরমাণু ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। ১

১৬। একটি কালো রং-এর যৌগ 'A' ঘন HCl-এর সাথে বাদামী দ্রবণ উৎপন্ন করে; ঐ দ্রবণ উত্তপ্ত করলে একটি হাল্কা রং-এর গ্যাস 'B' বের হয়। গরম কস্টিক পটাশের দ্রবণে ঐ গ্যাস চালনা করলে, দুটি যৌগ 'C' ও 'D'-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। 'C' কে 'A'-এর সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস 'E' পাওয়া যায়, যা নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে বাদামী বাষ্প উৎপন্ন করে। অক্ষর চিহ্নিত পদার্থগুলি বিক্রিয়া সহ লেখ। ৪

১৭। 2 সেঃ মিঃ ব্যাস বিশিষ্ট একটি লোহার ($_{26}Fe^{56}$) গোলককে 10^4 সংখ্যক ছোট গোলাকৃতি কণায় বিশ্লিষ্ট করা হল। লোহার ঘনত্ব 7·7 g/cc হলে প্রতিটি কণায় উপস্থিত নিউট্রনের সংখ্যা নির্ধারণ কর। ৪

১৮। (ক) ওজোনোলিসিস প্রক্রিয়ায় এবং অ্যালকালি মিশ্রিত $KMnO_4$ সঙ্গে বিক্রিয়ায় অভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে এমন একটি হাইড্রোকার্বনের নাম লেখ। ২

(খ) ইথারকে রঙ্গীন বোতলে রাখা হয় কেন? ২

১৯। (ক) গুণানুপাত সূত্রের একটি ব্যত্যয় দেখাও। ২

(খ) ক্যালসিয়াম ও নাইট্রোজেন উভয়ই বর্তমান এমন একটি সারের নাম লেখ। ১

(গ) অ্যালিফেটিক যৌগ থেকে অ্যারোমেটিক যৌগ উৎপন্ন হয় এমন একটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। ১

২০। কি ঘটে যখন: ২+২

(ক) $CuSO_4$ দ্রবণে KCN দ্রবণ যোগ করা হয়। (খ) প্রোপিনকে 80°C-এ $HgSO_4$-এর উপস্থিতিতে 20% H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করা হয়।

২১। একটি জৈব তরল 'A' ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে এবং ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হয় না। 'A' $ZnCl_2$ এবং গাঢ় HCl-এর সঙ্গে দ্রুত ঘোলা দ্রবণ উৎপন্ন করে। তরলটির বাষ্প উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে পরিচালনা করলে একটি জৈব যৌগ 'B', C_4H_8 উৎপন্ন হয় যা ওজোন বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলির একটি হিসেবে অ্যাসিটোন তৈরি করে। যুক্তিসহ 'A' এবং 'B'-কে সনাক্ত কর। ৪

২২। (ক) দুটি অ্যালকিল আয়োডাইড RI এবং R′I মিশ্রিত করে ভার্জ (Wurtz) বিক্রিয়া ঘটান হল। বিক্রিয়ালব্ধ জৈব যৌগগুলির নাম বিউটেন, পেণ্টেন এবং হেক্সেন। RI ও R′I-এর গঠন সংকেত দাও। ৩

(খ) ফেনলের $-OH$ মূলককে কিভাবে $-OCH_3$ মূলকে রূপান্তরিত করবে? ১

২৩। প্রথম তাক: Na, Mg | Hg, Zn | Hg, Br_2, $AlCl_3$, NH_2NH_2, লঘু HCl, গাঢ় HCl, লঘু NaOH এবং গাঢ় NaOH

দ্বিতীয় তাক: C_2H_5OH, C_6H_5, C_6H_5CHO, $CHCl_3$, $C_6H_5NH_2$, CH_3CONH_2, $C_6H_5COCH_3$, $CH_3CO_2C_2H_5$, C_6H_5OH, C_2H_5I

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি প্রদর্শনের জন্য প্রথম ও দ্বিতীয় তাক থেকে কোন্ বিকারকগুলি বেছে নেবে লেখ: ১×৪

(ক) ক্যানিজারো বিক্রিয়া (খ) ক্লিমেনসন বিজারণ (গ) রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া (ঘ) হফম্যান অবনয়ন বিক্রিয়া। [কোন জৈব বিকারককে একাধিকবার ব্যবহার করা যাবে না।]

২৪। বেঞ্জিনকে কিভাবে 1, 3, 5-ট্রাইব্রোমো বেঞ্জিনে রূপান্তরিত করবে? ৪

২৫। লেবেলবিহীন চারটি বোতলে অ্যাসিটোন, মিথাইল অ্যাসিটেট, ইথাইল অ্যাসিটেট ও ডাই ইথাইল ইথার আছে। কি কি সাধারণ রাসায়নিক পরীক্ষার দ্বারা বোতলগুলিকে লেবেলযুক্ত করবে? ৪